

भौतिक विज्ञानातील
शोधांच्या

मनोरंजक गोष्टी

थनू पद्मनाभन

रुपांतर

नंदू फडके

मूळ चित्रांकन

कीथ फ्रॅन्सिस

पुनर्चित्रांकन

अविनाश देशपांडे



भौतिक विज्ञानातील शोधांच्या मनोरंजक गोष्टी

बघू या तर आता हे पुढे काय करतात!

लेखक-टी. पद्मनाभर
रुपांतर-संदू फडके
मूळ किर्लोस्कर-डॉ. वि. प्र. शिंदे
पुनर्विनिर्माण-अविनाश देशपांडे

फार फार पूर्वी, सुमारे इसवी सन पूर्व १०,००० वर्षे, इतक्या पूर्वीही गृहविज्ञान होतेच...

अरे वा! फारच स्वादिष्ट!

तुला वाटते, तो जिवंत राहील?

... आणि काळानुरूप तंत्रज्ञानसुद्धा.

गप्प राहा, त्याला भुतेखेते मदत करतात!

अतिप्राचीन मानवी वसाहतींनी बरेच तांत्रिक विषय हाताळले होते.

परंतु भौतिक विज्ञान काही नियमांच्या आधारे निसर्गाचा अर्थ लावण्याची वैज्ञानिक पध्दत - बहुधा ग्रीकांच्या काळापर्यंत अस्तित्वात आली नसावी.

ग्रीसमध्ये अनेक विचारवंत आणि बुद्धिमान लोक होऊन गेले. जसे पायथॅगोरस (५८२ - ४९७ ख्रिस्तपूर्व)

शेवटी मला ते सापडलेच बघा!

... ज्याने तार छेडून निघणाऱ्या सुरांबर प्रयोग केले. जेव्हा अ व ब यांचे गुणोत्तर साधे २.३ किंवा १.२ असायचे तेव्हा सूर श्रवणीय असायचे.

जरा जास्त चमत्कारिक गुणोत्तर घेतले की... कानाला त्रास व्हायचा.

देवाशय्ये! पायथो नक्की ४१९:४२० वर प्रयोग करित असणार

हे पायथॅगोरियन्स चमत्कारिकच आहेत.

पायथॅगोरसचा एक समकालीन, झेनो याने तर गती अशाक्य असल्याचे जवळपास सिद्धच केले (झेनोचा विरोधाभास).

बघा तर; समजा की अचिलस व कासव यांची शर्यत लागली आहे. व कासवाला १० क्युबिट पुढे चाल दिली आहे. अचिलस ते अंतर पार करेपर्यंत कासव थोडे पुढे गेले असेल. जेव्हा अचिलस तेथी पार करील, तेव्हा कासव पुढे आणखी थोडे पुढे... म्हणजेच अचिलस कासवाला कधीच गाढू शकणार नाही.

हे फारच क्लिष्ट झाले.

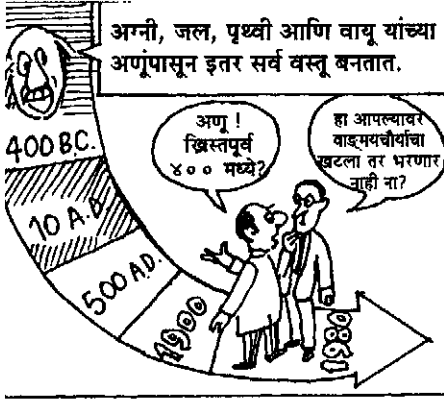
पण ते पुढे जाते हे तर खरे ना!

बहुधा तू तुझ्या काळाच्या पुढे आहेस.

डेमोक्रेटस् (~४०० ख्रिस्तपूर्व) याने झेनोचे हे कोडे सोडवायचा प्रयत्न केला. वस्तूचे अनंत भाग करता येत नाहीत, असे प्रतिपादन करून.

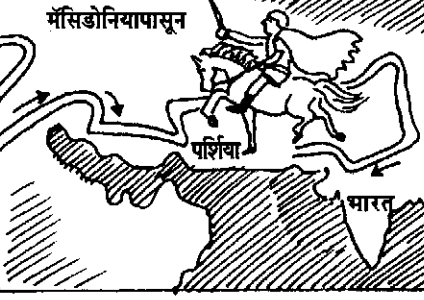
सर्व वस्तू अणूंच्या बनलेल्या असतात.

ख्रिस्तपूर्व सुमारे ४००.



अग्नी, जल, पृथ्वी आणि वायू यांच्या अणूपासून इतर सर्व वस्तू बनतात.

ख्रिस्तपूर्व ३३६ ते ३२३. सिकंदर-पहिले साम्राज्य स्थापण्याच्या प्रयत्नात...



त्याच सुमारास सिकंदरचा गुरू अॅरिस्टॉटल (ख्रिस्तपूर्व ३८४ - ३२२) ज्ञानाचे साम्राज्य उभारत होता.

त्याने अथेन्समधील लायसेयम येथे अनेक विषयांवर व्याख्याने दिली. जसे, तर्कशास्त्र, जीवशास्त्र व भौतिकशास्त्र (फिजिक्स).*



दुर्दैवाने त्याच्या फिजिक्सबद्दलच्या बऱ्याच कल्पना चुकीच्या होत्या.



पृथ्वी हा मध्यबिंदू, पाणी, हवा, अग्नी व ईश्वर त्यांच्यावर आहेत. कारण प्रत्येक वस्तू...



त्याचा असाही समज होता की, जड वस्तू हलक्या वस्तूपेक्षा वेगाने खाली पडतात.



सिकंदरच्या मृत्यूनंतर त्यांच्या सेनापतींनी त्याचे राज्य वाटून घेतले. इजिप्तचे राज्य टॉलेमीकडे आले.

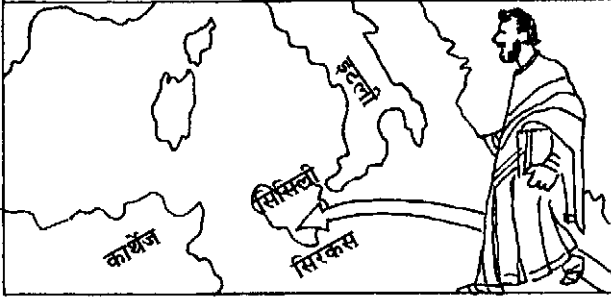


त्याची राजधानी अलेक्झांड्रिया हे आता बौद्धिक घटनांचे केंद्र झाले. अलेक्झांड्रियाने युक्लिड (ख्रिस्तपूर्व ३००) सारख्यांना उत्तेजन दिले.

त्यांच्यातूनच झाला प्राचीन काळाचा महान वैज्ञानिक...



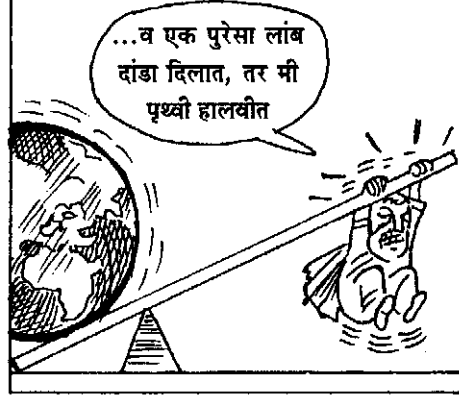
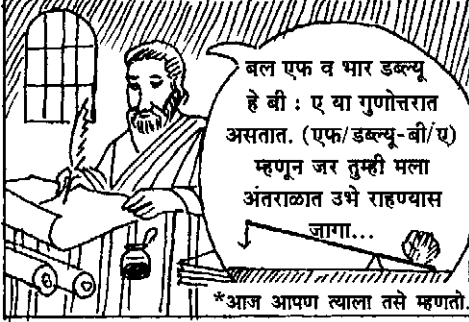
अलेक्झांड्रियामध्ये शिक्षण पूर्ण केल्यावर आर्किमिडीज त्याच्या मूळ स्थानी सिरॅकसला परतला व हायरॉनच्या पदरी शाही इतमामात राहिला.



त्याचा 'तरंगणाऱ्या वस्तू'. *या विषयीचा नियम व युरेकाची कहाणी सर्व परिचित आहेच.



त्यानेच सर्वप्रथम प्रतलांचे संतुलन* या आपल्या पुस्तकात स्थिरतेचे (स्टॅटिक्स) तत्व विकसित केले.



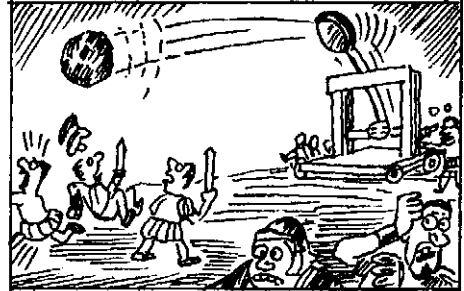
हॅड! हे फारच झालं! आधी एखादं जहाज हलवून दाखवा बरं!

लोककथेनुसार आर्किमिडीजने खरोखरच कप्पी आणि तरफेच्या साहाय्याने जहाज किनाऱ्यावर ओढून आणले होते.

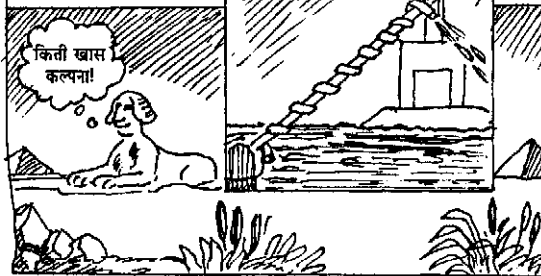


हायरॉननंतर त्याचा मुलगा हायरॉनिस राजा झाला. ख्रिस्तपूर्व २१८ मधील दुसऱ्या प्युनिक युद्धात, हानिबलच्या नेतृत्वाखालील कार्थेजच्या सैनिकांचा विजय पाहून, त्याने आपला रोमबरोबरचा करार मोडला व तो कार्थेजला जाऊन मिळाला. त्यामुळे रोमनांनी सिरॅकसला वेढा घातला.

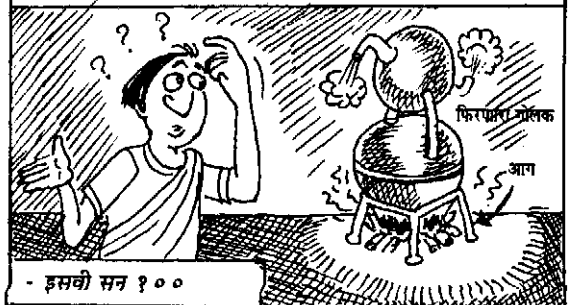
असे म्हणतात की आर्किमिडीजने बनविलेल्या युद्धयंत्रांनी रोमच्या जनरल मार्सेलसच्या सैन्याला दोन वर्षांपर्यंत रोखून धरले.



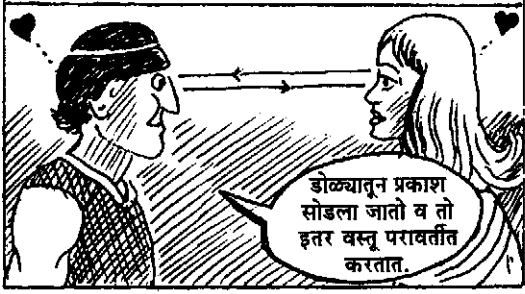
जेव्हा शेवटी रोमन जिंकले, तेव्हा एका रोमन सैनिकाकडून आर्किमिडीज मारला गेला. त्याने बनविलेला 'वॉटर स्कू' इजिप्तमध्ये अजूनही प्रचारात आहे (वॉटर व्हील)



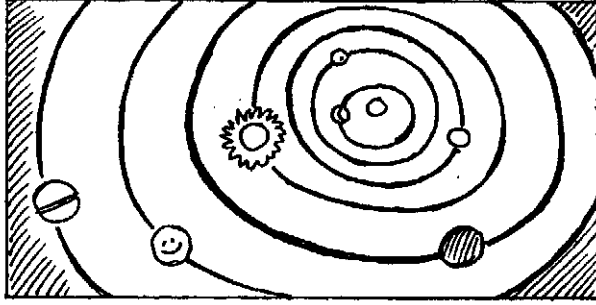
ख्रिस्तपूर्व ३० पर्यंत इजिप्तची सर्व शान लयाला जाऊन तो रोम साम्राज्याचा एक घटक झाला होता. तिथे निर्माण झालेल्या कल्पक लोकांमध्ये एक होता हीरो*, ज्याने पहिले वाफेचे इंजिन बनवले.



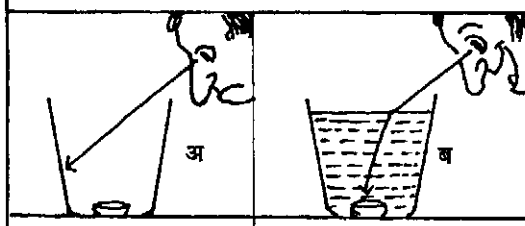
त्याने सायफदृश्य बनविला व मेकेनिक्स आणि कॅटॉप्टिक्स वर ग्रंथ लिहिले. दृश्य आकलनाविषयीचे त्याचे मत हे तत्कालीन विचारांचे प्रतिबिंब आहे.



इ.स. १२७ ते १५९ मधील टॉलेमी हा एक महान अलेक्झांड्रियावासी होय. त्याला असा विश्वास होता की विश्व समकेंद्री वर्तुळाकार असून पृथ्वी केंद्रस्थानी आहे. आपण आता जाणतो की हे असे नाही.

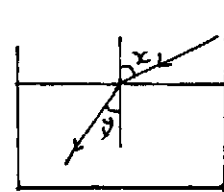


त्याने प्रकाशाचा व विशेष करून प्रकाशाच्या अपवर्तनाचा अभ्यास केला.



अपवर्तनाच्या साहाय्याने 'ब' मधील नाणे आपल्याला दिसते, कारण प्रकाश पाण्याचा पृष्ठभाग पार करताना, वळतो.

टॉलेमीने अतिशय काळजीपूर्वक प्रयोग करून, X आणि Y हे कोन मोजले.



| X | Y |
|-----|-----|
| 10° | 8° |
| 40° | 29° |
| 50° | 35° |
| 80° | 50° |

...परंतु X व Y यांच्या संबंधाचे सूत्र शोधण्यात मात्र त्याला यश आले नाही.

Sin X चे Sin Y शी गुणोत्तर बदलत नाही, हाच तो स्नेलचा सिद्धांत!



टॉलेमीनंतर युरोपची खाताहत झाली. रोमन साम्राज्याचा पाडाव झाला. छोटे छोटे तुकडे झाले.



अरे! काय चाललय तरी काय?
शुः!! हे अधाराचं साम्राज्य आहे



अरब टोळ्यांनी बायझेन्टाईन साम्राज्यातून इजिप्तमध्ये मुसंडी मारली. इ.स. ६४० मध्ये इजिप्तचा कब्जा घेतला. त्यांनी ग्रीकांचे विज्ञान पुनरुत्थापित युरोपमध्ये पोचविले.

पुनरुत्थान हा काही विज्ञानाचा पुनर्जन नव्हता. तेव्हा युरोप धार्मिक अंधश्रद्धांनी भारलेला होता.



पुनरुत्थापनाच्या उत्तरकाळात धार्मिक अंधश्रद्धाळूपणामुळे जिज्ञासेला प्रोत्साहन मिळाले नाही.

अरे! मंगळ असा उलटा सुलटा का फिरतो?

आपल्याला शुक डोव्यावर कधीच का दिसत नाही*

*या प्रश्नांना टॉलेमीच्या विश्वरचनेत काही उत्तर नव्हते.

त्यानंतर आला...

...निकोलस कोपर्निकस (इ.स. १४७३-१५४३)

...ज्याने सूर्याला स्थिर केले आणि पृथ्वीला त्याच्याभोवती फिरायला लावले.

हे बघा! आता कसं हे सगळं सोपं झालं!

गटेनबर्गने सुमारे १०० वर्षांपूर्वीच छपाईयंत्राचा शोध लावला होता.

पवित्र बायबलपाधुनच सुरुवात करू या!

हेच ते गटेनबर्ग बायबल.

१५४३ मध्ये कोपर्निकसचे 'अपवित्र' सिद्धांत छापले गेले.

पण निकोलसच पुस्तकात म्हणालाय ना, की हे सर्व सत्याला धरून नाहीये म्हणून!

ते बघ्या त्याच्या संपादकाचे शब्द असावेत.

काहीही असो. कोपर्निकसचे सिद्धांत काही जगांनी लगेच मान्य केले...

माझे भाकीत आता जास्त अचूक उरतायत!

राइन होल्ड (इ.स. १५११-५३) ने प्रहगोलांच्या स्थानांचे कोष्टक प्रशियामध्ये १५५१ मध्ये प्रसिद्ध केले.

....आणि काही लोकांनी तर चक्क घासाघीस करण्याचा प्रयत्न केला.

अरे, सर्व प्रहगना सूर्याभोवती फिरू द्या; पण सूर्याला मात्र पृथ्वीभोवती फिरवा म्हणजे प्रत्येकजण खूश!

अजिबात नाही!

पृथ्वी

सूर्य

जे. केप्लर (१५७१-१६३०)

टायको ब्राहे (१५४६-१६०१)

झालं उलटं असें, टायकोच्या हवीन, डेन्मार्क मधील खासगी वेधशाळेत घेतलेल्या निरीक्षणांनी...

... कोपर्निकसच्या सिद्धांतालाच बळकटी येत होती.


उदा. टायकोने एका नव्या ताऱ्याच्या जन्माचा वेध घेतला (सुपरनोव्हा) (१५७२)

अवकाश हे कधी बदलत नसते. - अॅरिस्टॉटल.

तसेच धूमकेतूची कक्षा लंबवर्तुळाकार असते...

सर्व नैसर्गिक गती या वर्तुळाकार असतात. - अॅरिस्टॉटल.

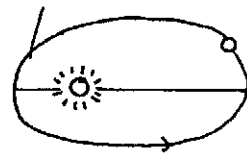
पण टायकोच्या 'ग्रीक फिजिक्स' च्या किल्ल्याला त्याच्या विद्यार्थ्यांविषय सुरुंग लावला.



जोहान्स केप्लर त्याचे नाव (१५७१-१६३०)

टायकोच्या निरीक्षणांच्या अथक अभ्यासामुळे केपलरला ग्रहांच्या गतीचे ३ नियम सुचले.

ग्रहांच्या कक्षा लंबवर्तुळाकार असून, सूर्य त्यांच्या एका नाभीपाशी असतो.

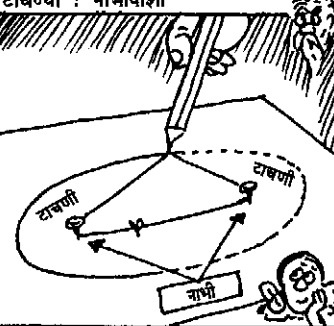


पहिला नियम इ.स. १६०९

अरे हो हो! हे लंबवर्तुळ, त्याची नाभी वगैरे काय?

एक पेन्सिल, एक दोरा व दोन टाचण्यांच्या साहाय्याने लंबवर्तुळ सहज काढता येते.

टाचण्या : नाभीपाशी



एखादा शंकू तिरका कापला तरी लंबवर्तुळाकृती छेद मिळतो. तसेच



लंबवर्तुळ

हे बघा, मी काय कापलेय?

त्याचे समीकरण...

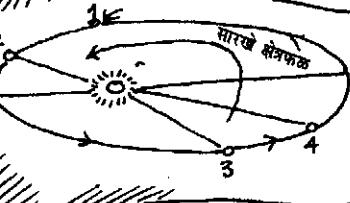
जाविषात नको! विषयकथेत संपोषणच नसताना.

ठीक आहे. आपण पुन्हा केपलरकडे वळू.



दुसरा नियम १६०९ इ.स.

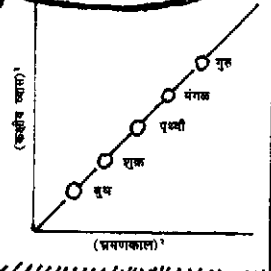
ग्रह-सूर्य रेखा सारख्या वेळात सारखेच क्षेत्रफळ आकपिते.



म्हणजेच १ ते २ जायला, ३ ते ४ इतकाच वेळ लागतो. म्हणजे सूर्याच्या जवळून ग्रह जास्त वेगाने जातो.

हे दोन नियम केपलरने त्याच्या 'अॅस्ट्रॉनॉमिया नोव्हा' या ग्रंथात मांडले. तिसरा नियम त्याच्या 'हार्मोनी ऑफ द वल्ड' या १६१९ सालच्या गूढ कल्पनांनी भरलेल्या पुस्तकात दिला आहे.

कक्षीय भ्रमणकालाचा वर्ग हा कक्षीय अर्धव्यासाच्या घनाच्या प्रमाणात असतो.



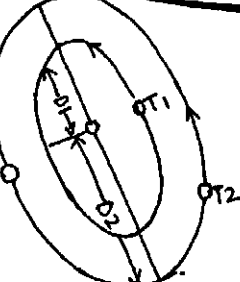
तिसरा नियम (१६१९)

काय!

(कक्षीय व्यास)^३

(भ्रमणकाल)^२

केपलर सोप्या भाषेत काही सांगतच नाही! बघा, जर भ्रमणकाल T_1 व T_2 असतील आणि कक्षीय अंतर D_1, D_2 असेल तर..



$$\frac{D_1^3}{D_2^3} = \frac{T_1^2}{T_2^2}$$

आता ग्रहांच्या अवकाशातील जागांचे कोष्टक अचूक मांडता येते.

मी हे काम राजा रुडॉल्फ आणि टायको ब्राहे यांना अर्पण करतो.




रुडॉल्फाईन टेबल्स इ.स. १६२७

ग्रीकांच्या काळापासून आपण खूप पुढे आलो. ग्रहगोलांच्या भ्रमणाचा गोंधळ मिटला. ते कसे फिरतात, ते आपण जाणतो. पण ते का फिरतात?

गतीच्या नियमांकडे पहिले पाऊल गॅलिलीने टाकले.

मला माझ्या पहिल्या नावाने हाक मारणे थांबवा पाहू!

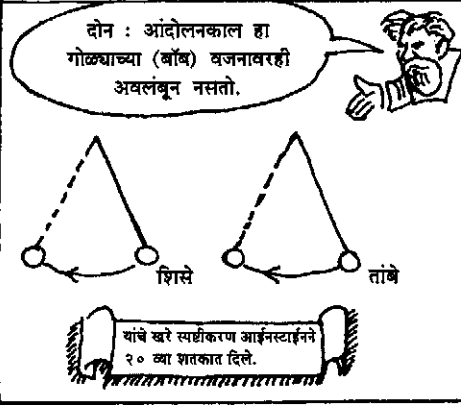
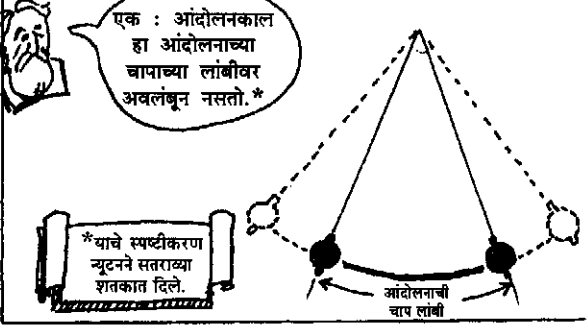


गॅलिलिओ गॅलिली (१५६४-१६४२)

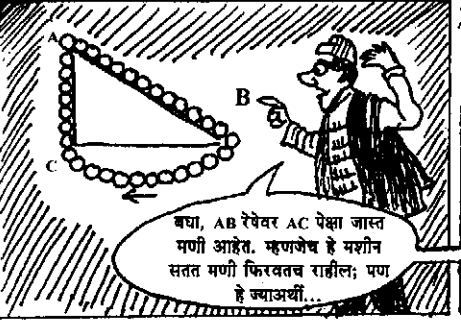
केपलरचा समकालीन गॅलिली फारसा धार्मिक विधीमध्ये रस घेणारा नव्हताच. एकदा चर्चमध्येच हलणाऱ्या झुंबराने त्याचे लक्ष वेधले.



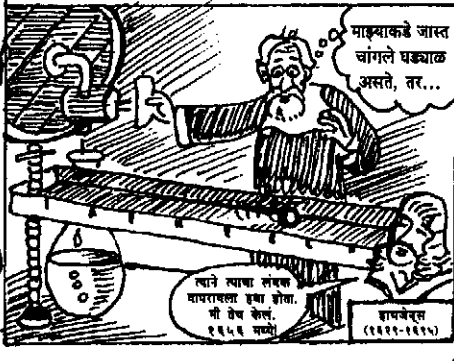
या वरून त्याने लंबकाविषयीची दोन महत्त्वाची निरीक्षणे नोंदली.



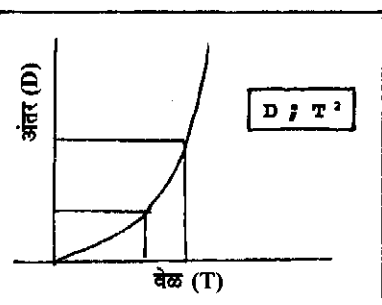
आणखी एक समकालीन सायमन स्टेविनस् याने दाखवून दिले की पृथ्वीचे आकर्षण उतरणीवर कमी असते.



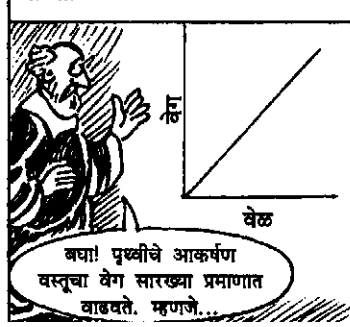
गॅलिलीने उतरणीचा चापर गतीचा अभ्यास करण्यासाठी केला.



गॅलिलीच्या असे लक्षात आले की घरंगळणाऱ्या चेंडूने कापलेले अंतर वेळाच्या वर्गाच्या प्रमाणात वाढते.



...परंतु वेग मात्र वेळाच्या समप्रमाणात वाढतो.



वेग न बदलणारी गती असल्यास बलाची गरज नाही!



त्यानंतर त्याने दोन वेगळ्या दिशांकडील गतीबद्दल प्रश्न केला...

जर जहाजाच्या बोलकाठीच्या टोकावरून दगड खाली टाकला तर तो कुठे पडेल?

अरे अरे, थांब! कॅप्टनला बाजूला होऊ दे.

सिल्विलियसला

जर होडी उभी असेल तर A पाशी व जर चालत असेल तर B पाशी

सातत्याने चालणारी होडी

थांबलेली होडी

* गॅलिलीच्या पुस्तकातील ऑरिस्टॉटलचे विचार मांडणारे पात्र

चुक!

जर होडी सातत्यपूर्ण गतीने घालली असेल, तर दगड A पाशीच पडेल

गॅलिलीच्या लक्षात आले की दोन दिशांतील गतीचे एकत्रीकरण करता येते.

होडीची सातत्यपूर्ण गती दगड सोडत नाही.

XV दगडाचा मार्ग

गुरुत्वाकर्षण

जेव्हा दगड आपटतो तेव्हाचे A चे स्थान

दगड सोडता तेव्हाचे A चे स्थान

पण जर होडी वाढत जाणाऱ्या वेगाने जात असली तर?

पण पुढे कृपण जरचे सिल्विलियस, दगड A च्या पाशी B पाशी पडेल.

सातत्यपूर्ण गती इतकी महत्त्वाची आहे तर! अर्थात!

यावरून गॅलिलीचा सापेक्षता सिद्धांत तयार झाला.

एखादा बंद खोलीत केलेला कोणताही यांत्रिक प्रयोग स्थिर स्थिती व सातत्यपूर्ण गतिमान स्थिती यातील फरक ओळखू शकत नाही.

हे मला आवडलंय!

गॅलिलीचे पहिली खगोलशास्त्रीय दुर्बिण बनविली व ग्रहगोलांचे निरीक्षण केले.

आणि काय सांगू...

चंद्रावर अनेक डोंगर-दऱ्या आहेत.

शुक व मंगळ चंद्रासारख्या कला दाखवितात.

गुरूला तर तीन चंद्र आहेत.

आकाशमंगा असंख्य तारकापुंजांनी भरली आहे.

यापुढे कोपर्निकसच्या सिद्धांताला पुष्टी मिळाली.

अखेर लोकांना कळलं तर!

आता मात्र चर्चेने गॅलिलीच्या उद्योगांना हरकत घेतली. त्याला एकांतव्हासात पाठवून क्षमायाचना करायला लावली.

मी हात जोडून मान्य करतो, सूर्य मध्यभागी असण्याच्या माझ्या कल्पना चुकीच्या आहेत.

पण मला गतीचे नियम शोधण्यासाठी अजून एक जन्म हवाय!

महान भौतिक वैज्ञानिक गॅलिलिओ गॅलिली १६४२ मध्ये आंधळा होऊन, थकून मरण पावला.

अरे, भौतिक, विज्ञान म्हणजे केवळ संज्ञाचच की काय?

अर्थातच नाही. आपण आता इतर गोष्टींकडे वळू.

यंत्रशास्त्र पुढे
धावत होत
तेव्हा
चुंबकशास्त्र व
प्रकाश विज्ञान
मात्र संथ
गतीने पुढे
सरकत होते.

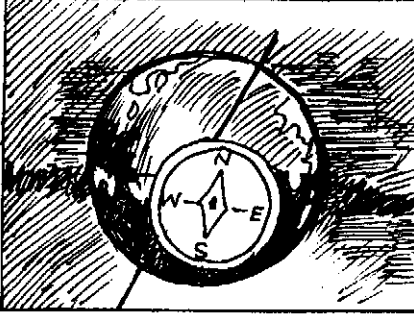
चीनमधील खाणव्यावसायिकांना लोह स्टोन (नैसर्गिक चुंबक) फार
पूर्वीपासून माहीत होता. (ख्रिस्तपूर्व २५००)



चुंबकीय गुणधर्म व गूढ विद्या यांचा नेहमीच संबंध जोडला
जायचा.



चुंबकाचा उत्तर दिशेकडे वळण्याचा गुणधर्म नेमका
कुणाच्या लक्षात आला, हे काही ज्ञात नाही.



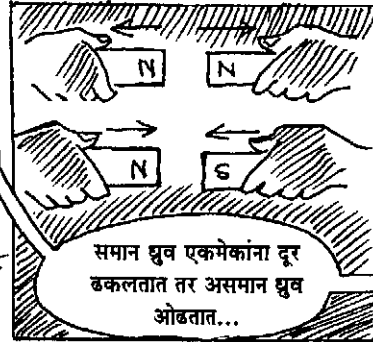
परंतु ख्रिस्तपूर्व ९०० मध्ये सुद्धा
चुंबकसूचीचा वापर समुद्रात दिशा
ओळखण्यास केला जात होता.



बऱ्याच जणांना चुंबकाचे कार्य रहस्यमय वाटायचे...



पेरिग्रिनस ह्या फ्रेंच तंत्रज्ञाने बहुधा प्रथमच चुंबकावर बरेच प्रयोग केले. त्याचे चुंबकाने बरेच महत्त्वाचे गुणधर्म शोधले.



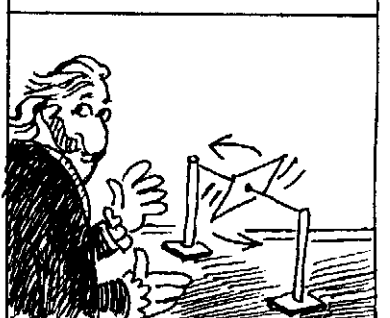
उत्तरेकडे वळून राहण्याबद्दलचे त्याचे स्पष्टीकरण
मात्र अयोग्य होते.

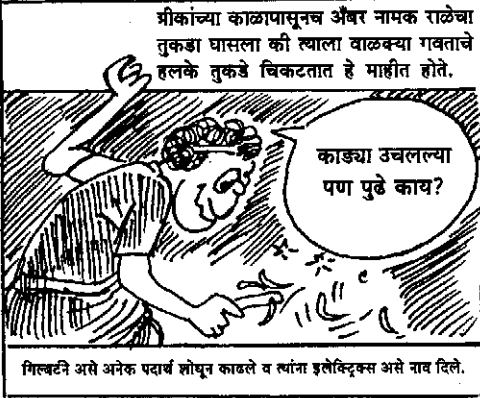
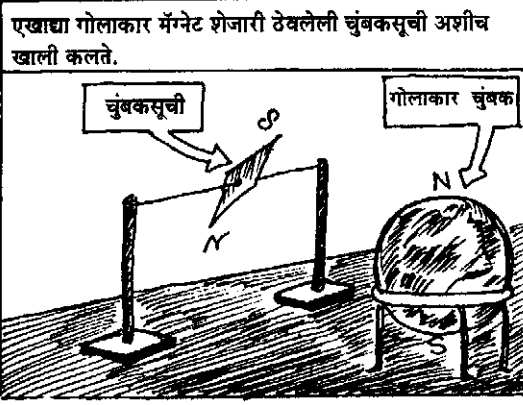


विल्यम गिलबर्ट (१५४४-१६०३) जन्माला
वेईपर्यंत हा विचार असाच राहिला.



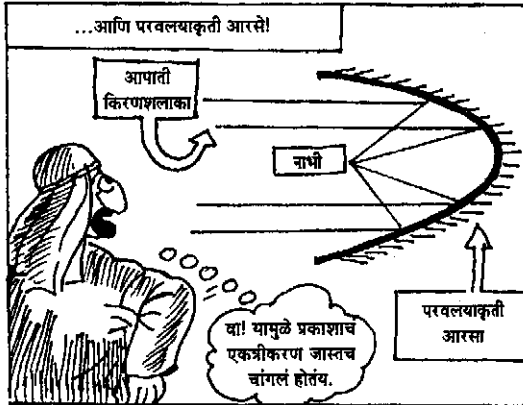
त्याच्या लक्षात आले की, जर चुंबकसूचीला उभ्या पातळीत
फिरण्याची मुभा दिली तर तिचे टोक खाली कलते.





याव्यतिरिक्त प्रकाश विज्ञानात थोडीफार प्रगती झाली होती.

अल हाझेन (इ. स. ९६५-१०३९) याचे जीवन वैशिष्ट्यपूर्ण घटनांनी भरलेले होते.



त्याच्या अखेरच्या दिवसात गॅलिलीला एक कार्यक्षम सचिव लावला.




ई. टॉरिसेली (१६०८-१६४७)

टॉरिसेलीला दड्ड्याच्या कार्याचे कुतुहल वाटत होते.



मी दड्ड्या ओढतो जसा द्रव वर येतो कसा!

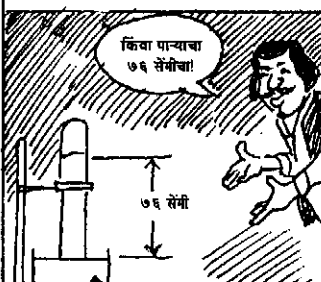
पण...नळी जर फार लांबिल, द्रव वर यायचा थांबेल.



33 फूट

१ फूट = ३०.५ सेंमी.

यावरून त्याने निष्कर्ष काढला की, हवेचा दाब पाण्याचा ३३ फूट उंचीचा स्तंभ तोलतो.

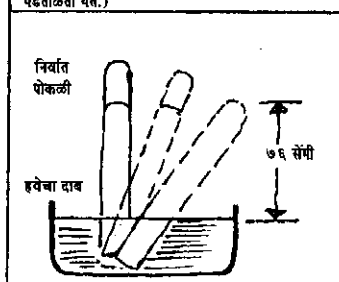


किंवा पाण्याचा ७६ सेंमीचा!

७६ सेंमी

पारा

पाण्याच्या स्तंभावरील निर्वात पोकळी ही मानवाने बनवलेली पहिली पोकळी (नळी बाकडी करून हे पद्धताळता येते.)



निर्वात पोकळी

हवेचा दाब

७६ सेंमी

त्यांचा समकालीन ऑटो फॉन गेरिक (१६०२-१६८६) याने पहिला निर्वातीकरण पंप तयार केला.



निर्वात पोकळीत मेणबत्ती जळत नाही.

तसेच आवाजही (धंदेचा) त्यातून बाहेर येत नाही.



पला पासाच आपण बेल्सार घणू!

त्याच्या त्या जगप्रसिद्ध प्रयोगाने हे सिद्ध केले की दोन अर्धगोलांच्या आतील निर्वात पोकळीचे बल दोन घोड्यांच्या समूहांना सुद्धा भारी पडते.



मॅकेबर्ग (१६२४)

हया कल्पना ब्लेझ पास्कलने पुढे नेल्या. पास्कल (१६२३-१६६२) एक विलक्षण बुद्धीचा मुलगा.



सगळेच बघू नको. तो वेबसर पास्कल जातोय.

ओह! किती गोड आहे हा!

पास्कलने वयाच्या अवघ्या सोळाव्या वर्षी शंकूच्या छेदांवर भाष्य लिहिले व एकोणीसाव्या वर्षी एक हिशोबाचे यंत्र तयार केले.



बघा बघा! हे यंत्र बेरीज वजाबाकी करतं.

हे हा जरा! उचापत्याच आहे. पण उपयोगाचा दिसतोय.

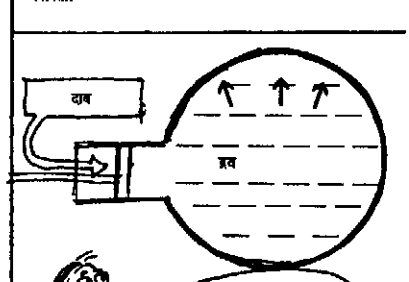
अच्छा! खरंय की काय!

पास्कलनेच संख्याशास्त्रीय संभाव्यतेचा पाया घातला. जी आता भौतिक विज्ञानात सतत वापरली जाते.



संपूर्ण अनिश्चित परिस्थितीपेढ्ये सुद्धा विषमसंख्य माहिती मिळवता येऊ शकते.

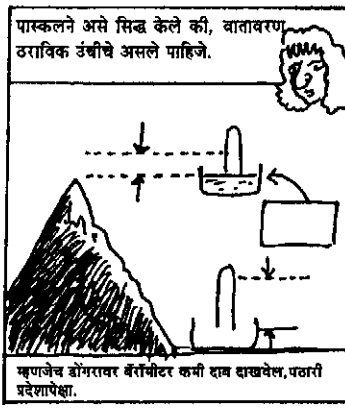
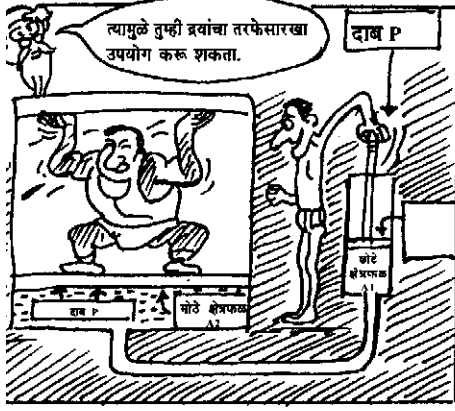
त्याला जाणवले की द्रवावर दिलेला दाब कधी न होवा सगळीकडे पसरतो.



दाब

द्रव

पण याचा उपयोग काय?



म्हणजेच बॅरोमीटरने उंची मोजता येते. अर्थात इतरही मार्ग आहेत म्हणा!



रॉबर्ट बॉईल (१६२७-१६९१)

ब्रिटिश सिव्हिल वॉर नंतर...



विचारवंतांच्या एका कंपुने एक 'अश्य कॉलेज' स्थापन केले. बॉईल त्याचा सदस्य होताच.



किंग चार्ल्स सत्तेवर आल्यावर हे 'अश्य कॉलेज' रॉयल सोसायटी बनले...



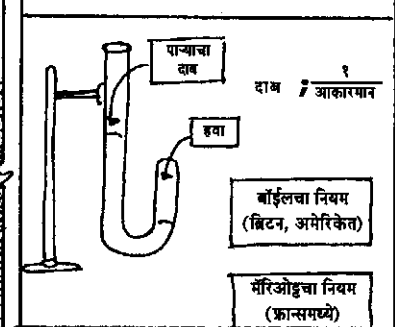
* केवळ सत्तेने काही नाही

त्या कर्तबगार सहकाऱ्याच्या साहाय्याने (बर्ट हूक) बॉईलने बरेच शोधकार्य केले.



रॉबर्ट हूक (१६३५-१७०३)

...दाबलेली हवा जास्त दाब उत्पन्न करते.



'हवा दाबली जाते' यावरून एक महत्त्वाचे अनुमान काढले गेले.



सतराव्या शतकाच्या उत्तरार्धात युरोपमध्ये अनेक तारांकित वैज्ञानिक होऊन गेले.



सी. हायजेनस (१६२९-१७१६)



जी. डब्ल्यू. लायबनिझ (१६४६-१७१६)



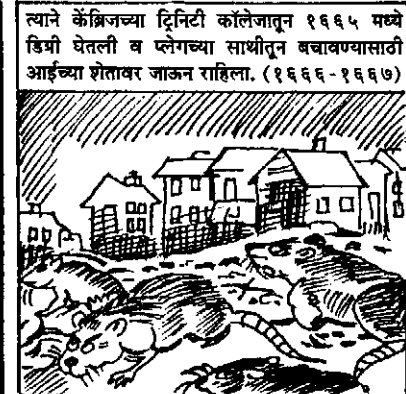
आर. व्होक (१६३५-१७०३)



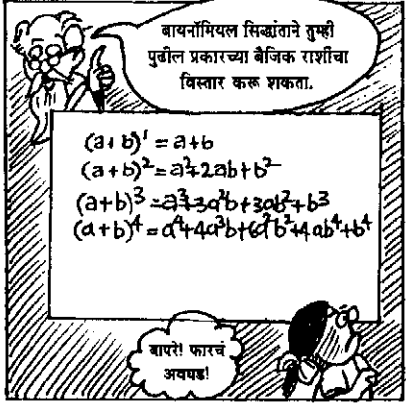
ई. हॅली (१६३६-१७४२)



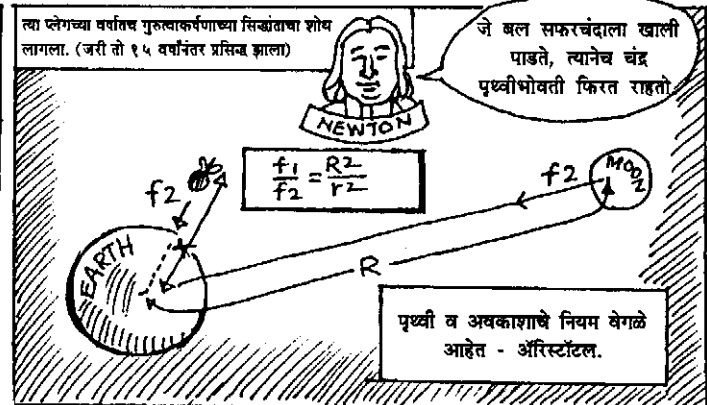
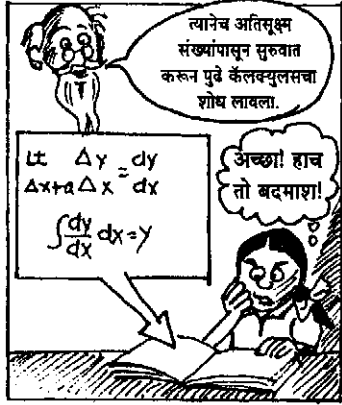
आयझॅक न्यूटन (१६४२-१७२७)

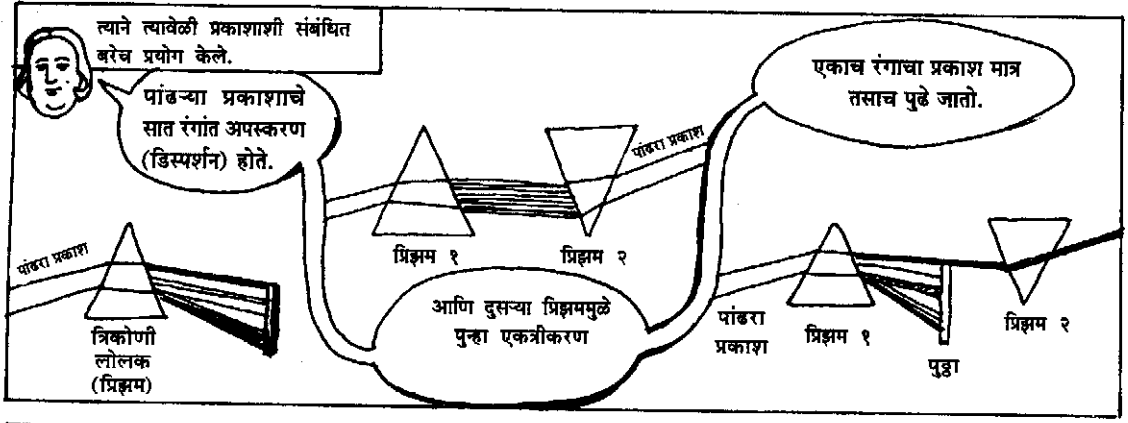


बायनॉमियल सिद्धांत

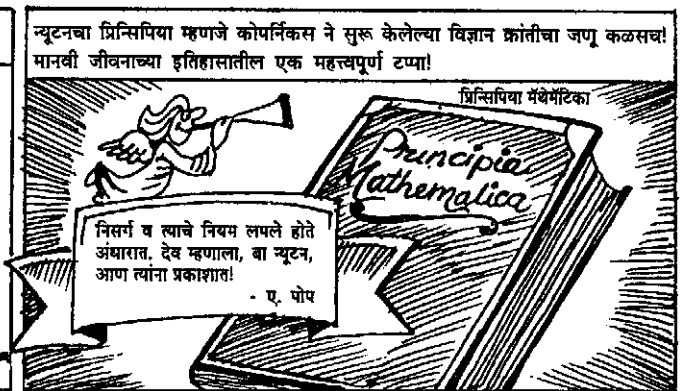
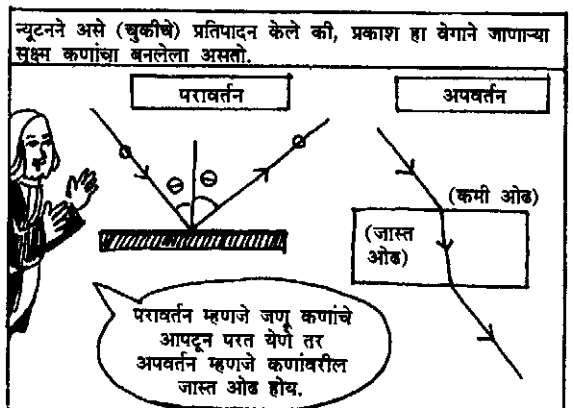


बार्बेरी फारच अवघड!





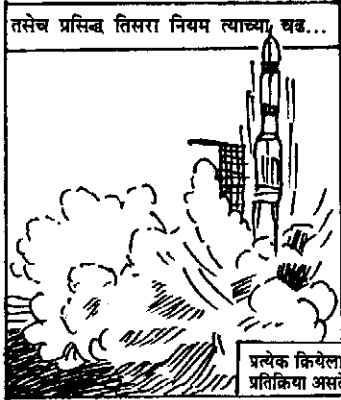
या प्रयोगांमुळे न्यूटन सर्वपरिचित झाला व त्याला बरेच मानसन्मान मिळाले. (१६६९ मध्ये केंब्रिजची प्रोफेसरशिप, १६७२ मध्ये एफ. आर. एस.) तसेच त्याला बरेच शत्रूही निर्माण झाले. जसा हूक.



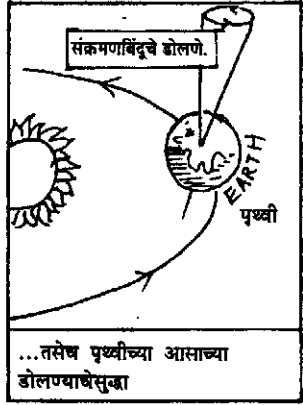
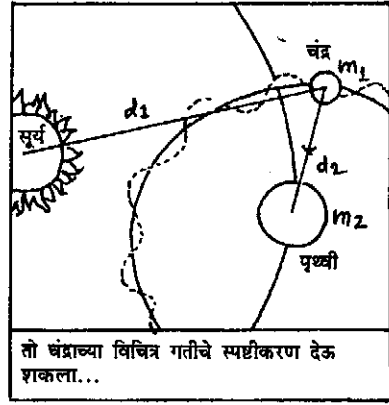
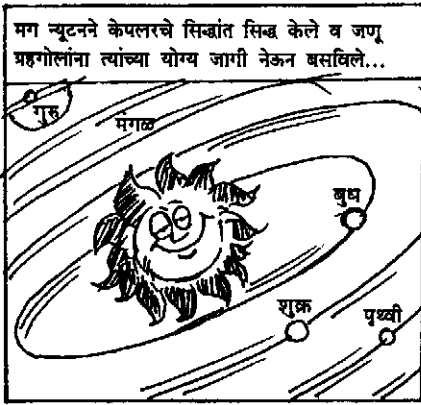
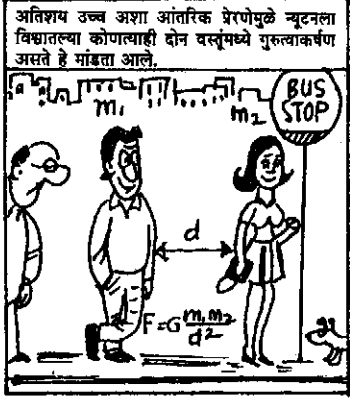
न्यूटनने, त्याच्या 'निसर्गाच्या तत्त्वज्ञानाचे गणिती सिद्धांत' या ग्रंथात विद्याचे यांत्रिकी चित्र स्पष्ट मांडले.



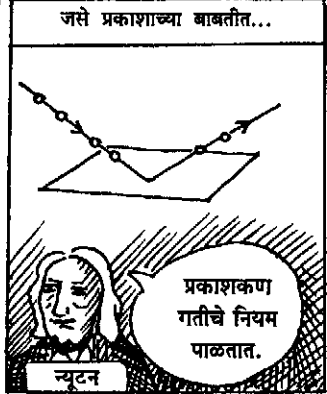
परिभाषा विरुद्ध; एखादे बाह्य बल साधनान्वयित घडनेत बसणारे किंवा विद्युत्तेची किंवा रासायनिक गतीची स्थिती सोळा नाही.



प्रत्येक क्रियेला तितकीच उलट प्रतिक्रिया असते.



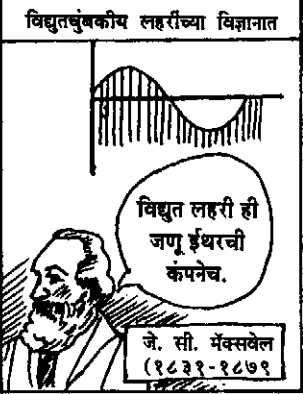
आपण हे पाहूच की, न्यूटनच्या निसर्गाविषयीच्या या यांत्रिकी दृष्टिकोनाने फुले, झराच काळ अनेक वैज्ञानिक प्रभावित होत राहिले.



प्रकाशकण गतीचे नियम पाळतात.
न्यूटन

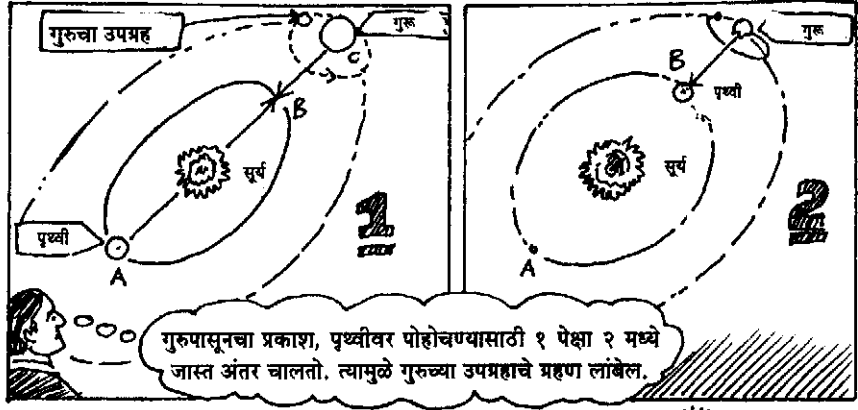


उष्णता ही एक प्रकारची गतीच आहे.
के. एल. बोल्डझमन (१८४४-१९०६)



विद्युत लहरी ही जणू इंधरची कपनेच.
जे. सी. मॅक्सवेल (१८३१-१८७९)

न्यूटन
नंतरच्या
काळात अनेक
सोप्या पण
अतिशय
महत्त्वाच्या
घटना घडल्या,
जसे रोमने
प्रकाशाचा
वेग मोजला.



मी हा विलंब मोजला व पृथ्वीच्या कक्षेचा व्यास माहीत असल्याने मला प्रकाशाचा वेग मिळाला २,२७,००० किमी/सेकंद

ओ. रोमर
(१६४४-१७१०)

आधुनिक किंमत
२,९९,७९२ किमी/से.

ब्रॅडलीचे उत्तर जास्त अचूक होते, कारण त्याने पॅरालॅक्स पद्धत वापरली.

पॅरा... म्हणजे काय?

जसे, पावसात चालणारा माणूस छत्री तिरकी धरतो...

तारा

खरी दिशा

आभासी दिशा

तशीच दुर्बिन तिरकी धरली म्हणजे पृथ्वीच्या गतीचा निरीक्षणावर परिणाम होणार नाही.

पृथ्वीचा वेग व दुर्बिणीचा कोन माहीत असल्याने मी प्रकाशाच्या वेगाचे गणित केले.

जे. ब्रॅडली
(१६९३-१७६२)

तापमापन हा एक मोठा गरमागरम विषय होता...

मद्याकपिक्षा पारा बरा!

जी. फॅरनहाईट
(१६८६-१७३६)

फॅरनहाईटला चमत्कारिक अशा आकड्यांची आवड असावी!

उकळते पाणी

२१२°

१८० भाग

गोठणारे पाणी

३२°

उकलत बिंदू

१००°

विसरा ते अवघड आकडे!

गोठण बिंदू

ए. सेल्सिअस
(१७०१-१७४४)

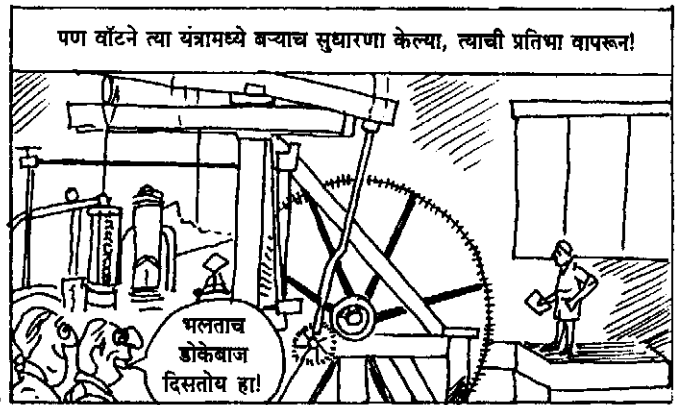
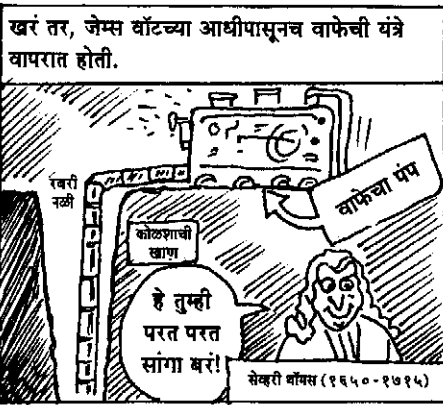
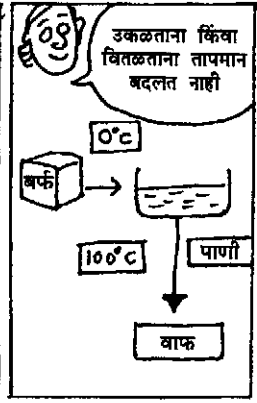
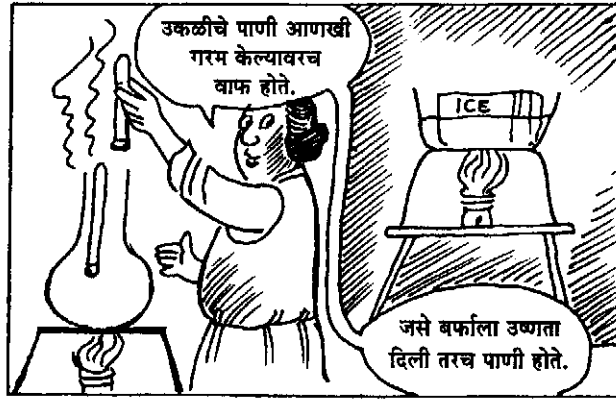
फॅरनहाईटने काही महत्त्वाची निरीक्षणे नोंदवली.

प्रवपदार्थ नेहमी एका विशिष्ट तापमानालाच उकळतात...

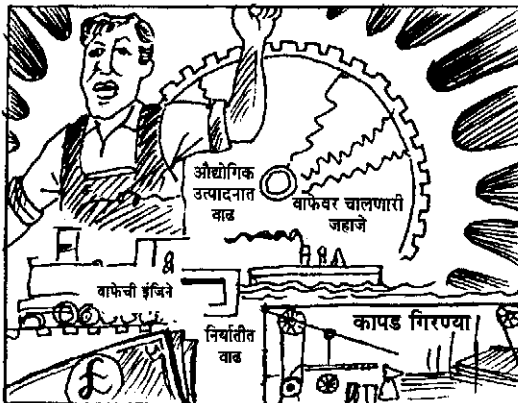
... जोवर दाब वाढवत नाही, तोपर्यंत.

WSSSSHHHH!

उष्णता म्हणजे फक्त तापमान नव्हे हे प्रथम जोसेफ ब्लॉक (१७२८-१७९९) याला समजले.

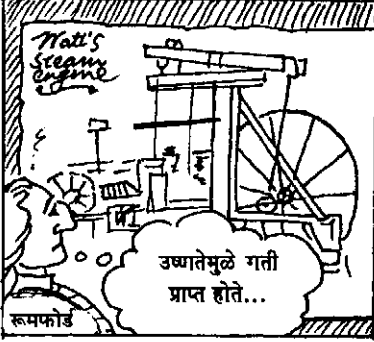


१७८० पर्यंत वाफेच्या शक्तीचा भरपूर वापर सुरू झाला होता व जणू औद्योगिक क्रांती सुरूच झाली म्हणा ना!

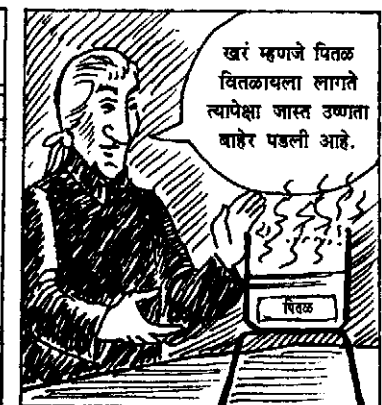
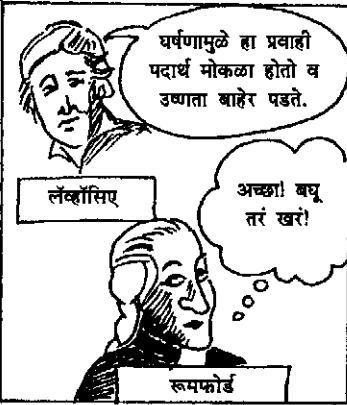




या सर्व गोंधळात काजंट रूमफोर्ड मात्र उष्णतेच्या स्वरूपाबद्दल विचारमग्न होता.



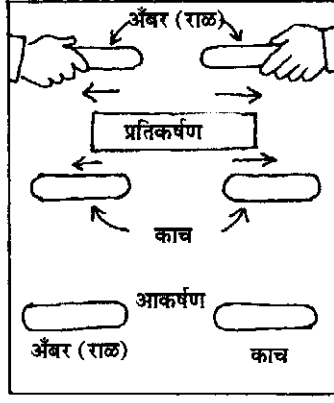
पण सर्वांचं मत मात्र रूमफोर्डच्या विरोधात होतं.



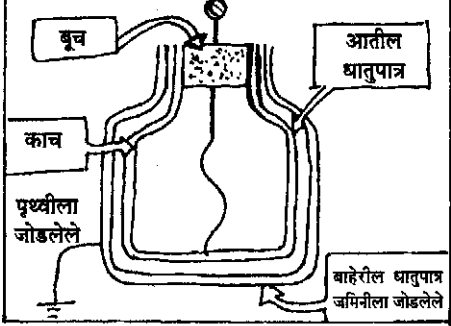
लॅव्हॉसिएचे प्रतिपादन खोडून काढल्यावर रूमफोर्डने त्याच्या विधवेशी लग्न केले; पण ते लगेचच कटू शब्दांनी मोडले.



अठराव्या शतकापर्यंत असे समजले होतेच की, विद्युत दोन प्रकारची असते.



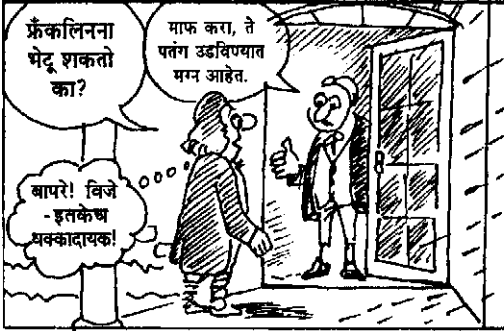
या लेडन पेल्थात दोन धातूंची पात्रे काचेनी वेगळी ठेवलेली असतात. आतले धातुपात्र वीज साठवून धरते.



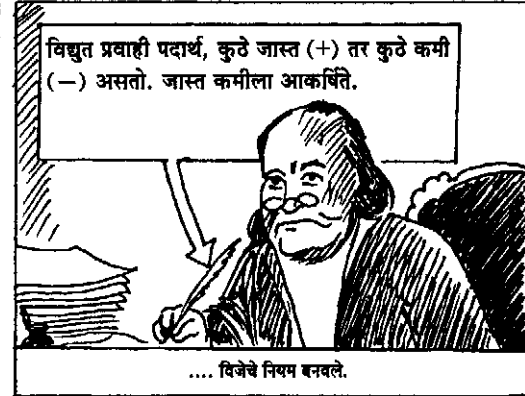
लेडन पात्रावर प्रयोग करणाऱ्या बऱ्याच शास्त्रज्ञांमध्ये बेंजामिन फ्रँकलिन (१७०६-१७९०) एक होता.



आकाशातील वीज व ही विद्युत एकच की काय, यावर त्याचे संशोधन सुरू झाले.

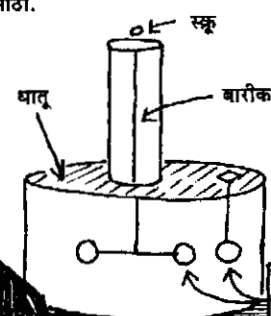


फ्रँकलिनने पहिला विद्युत निवारक बनवला व मग...




दोन भारित वस्तूंमधील विद्युतबलाबद्दलचा नियम मात्र चार्ल्स ऑगस्टिन कूलॉम्बने मांडला (१७३६-१८०६)

त्याने एक पिळावर घालणारा ताणकाटा बनवला - सूक्ष्म बलमापनासाठी.



विद्युत आकर्षणाचे बल अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात असते.



दरम्यान, एका अलिप्त, प्रसिद्धी पराङ्मुख संशोधकाने असाच ताणकाटा बनवला व हा नियम शोधला.

तो दे तिकडे ठेवा व लगेच निघून जा. मी स्त्रियांशी बोलत नाही.


एच. कॅव्हेंडिश (१७३१-१८१०)

अमत्कारिकच दिसतोय!

तो आणखीही पुढे गेला...

मी न्यूटनचा G स्थिरांक किती आहे ते सांगू शकतो.

F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}



पण त्याने हे संशोधन प्रसिद्ध केले नाही.

$g = 981 \text{ cmsec}^{-2}$

$M = \frac{gd^2}{G}$

व त्यावरून पृथ्वीची वस्तुमान किती आहे, ते सुखा!

या वेळेपर्यंत काही पदार्थ एकमेकांवर धासून वीज तयार केली जाई. पण काही माने थापेक्षा अधिक कार्यक्षम होते.

ओय ओय!

इलेक्ट्रिक इंस



गॅल्वानीला कळले बेडकाच्या तंगळ्या झटकते देतात, जर त्यांचा दोन वेगळ्या धातूंना स्पर्श झाला तर.

एल. गॅल्वानी (१७३७-१७९८)

प्राणिज विद्युतचे आणखी एक उदाहरण!

हं!

ए. व्होल्टा (१७४५-१८२७)




ही केवळ रासायनिक विद्युत आहे हे व्होल्टाने सिद्ध केले.

प्राणी ऊतीची कोणतीही गरज नाही.

जस्त

तांबे

झाराचे द्रावण



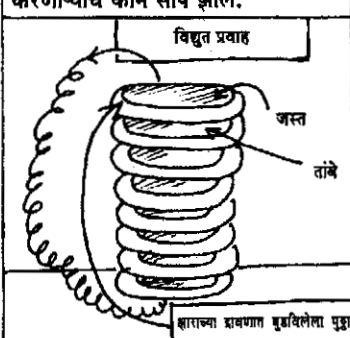
व्होल्टाच्या विद्युत चळतीमुळे सगळ्या प्रयोग करणाऱ्यांचा काम सोपं झालं.

विद्युत प्रवाह

जस्त

तांबे

झाराच्या द्रावणात बुडविलेला पुढा




...आणि व्होल्टाचा नेपोलियनच्या दरबारात सन्मान केला गेला.

असेच चांगले संशोधन सुरू ठेव.

सम्राटाला हा आवडला आहे.

तासुरता (करंट) तर नव्हे ना!



व्होल्टाच्या चळतीमुळे विजेचे सर्व प्रयोग सोपे झाले व त्यातूनच एकत्रीकरण झाले...

...वीज व चुंबकत्वाचे!

असंय तर! विजेचा चुंबकसूचीवर परिणाम होतो.

एच. ओस्टेड (१७७७-१८५१)

सातत्यपूर्ण विद्युतप्रकार

व्होल्टाची घळत

विद्युत प्रवाहाच्या दिशेप्रमाणे चुंबकसूची वेगळ्या बाजूला वळते.

ए. एम. ॲम्पियरने विशेष पाठपुरावा केला.

एका प्रवाहाचा दुसऱ्यावर परिणाम होतो का?

ए. एम. ॲम्पियर (१७७५-१८३६)

व्होल्टाची घळत

...होतोच वाटतो!

जेव्हा प्रवाह एकदिरा असतात तेव्हा तारा एकमेकींकडे ओढल्या जातात. हं म्...

तार

बहुधा विद्युतप्रवाह चुंबकत्व तयार करत आसावा!

एका नळीभोवती तारेचे बरेच वेढे देऊन बघू या...

...हं, आता यातून वीज सोडू.

व्होल्टाची घळत

आणि काय आश्चर्यी त्या नळीचा जणू चुंबक झाला.

लोहकोस

विद्युत चुंबक

हा खरंच फार महत्त्वाचा क्षण होता.

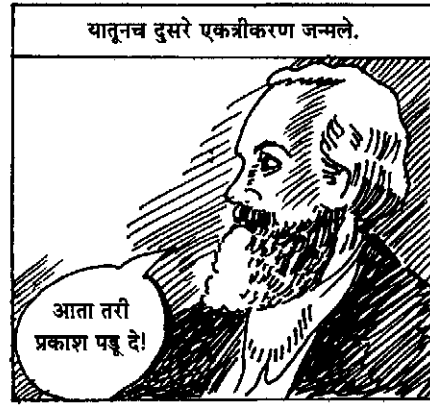
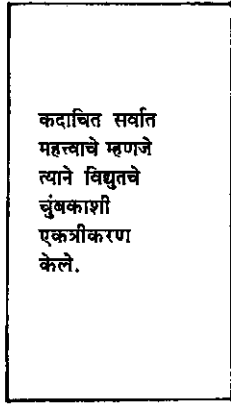
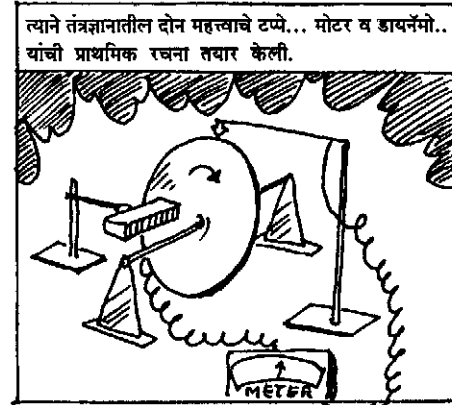
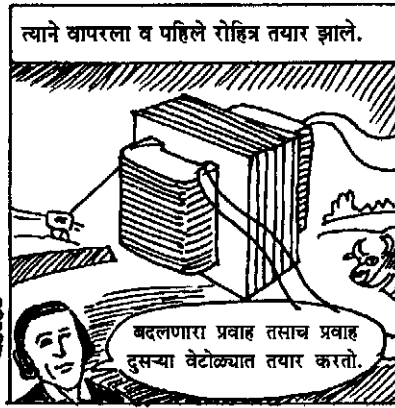
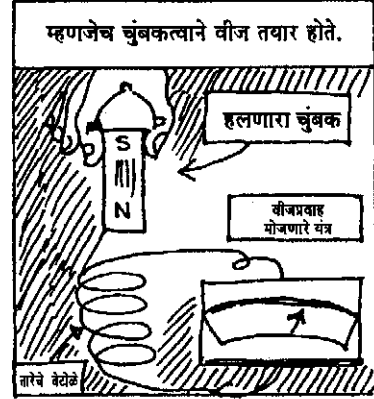
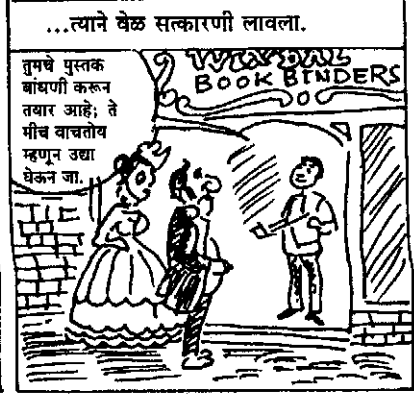
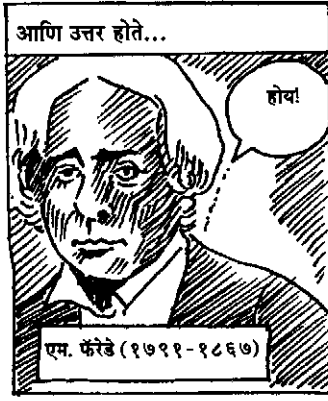
विजेमुळे चुंबकत्व येते.

ॲम्पियरचा चुंबकत्वाबद्दलचा कयास बरोबर होता.

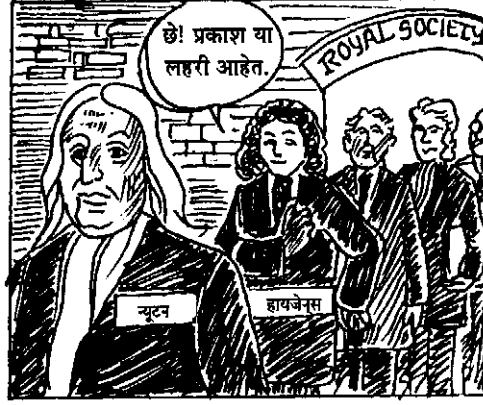
N O O O S

चुंबकीय पदार्थात सूक्ष्म विद्युतप्रवाह असतात जणू !

मग चुंबकापासून वीज तयार करता येईल का?



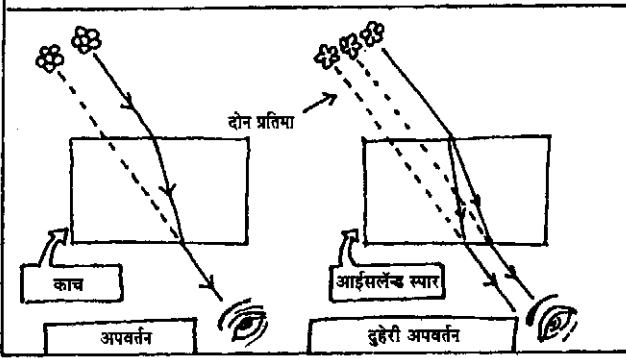
पूर्वी
म्हटल्याप्रमाणे
न्यूटनला प्रकाश
म्हणजे सूक्ष्म
कण असावे
को, जे स्पष्ट
छाया निर्माण
करू शकतात,
असे वाटत
होते.



सर्व काही? खरं तर नाही. आईसलॅंड स्पार या स्फटिकांमधून जरा गडबडच होती.



आईसलॅंड स्पारमधून प्रकाशाच्या किरणांचे दुहेरी अपवर्तन होते.



हे मात्र न्यूटनला स्पष्ट करता येईना!



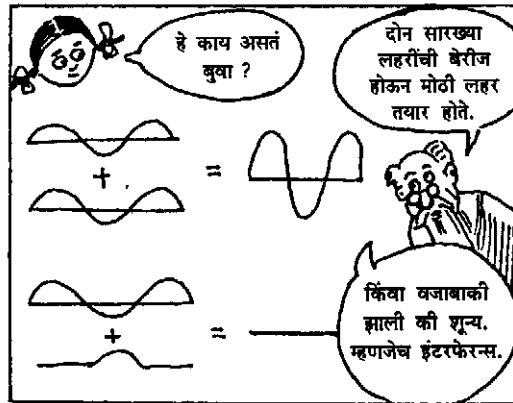
पण हायजेनसलासुद्धा ते जमत नव्हतंच!

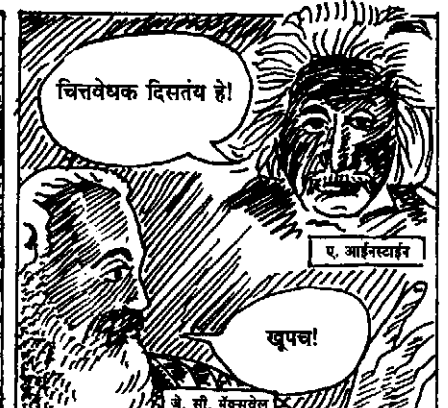
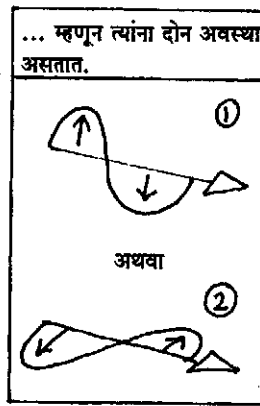
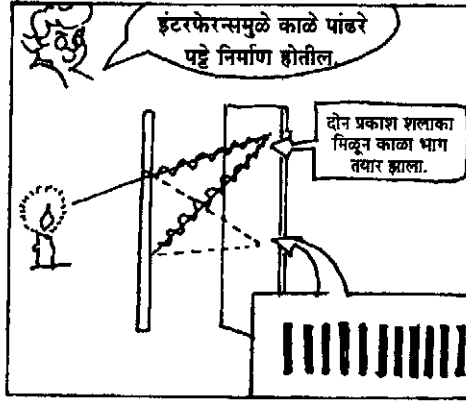


थॉमस यंग नावाचे एक विलक्षण बुद्धिमान बालक येईपर्यंत हा गोंधळ असाच राहिला.



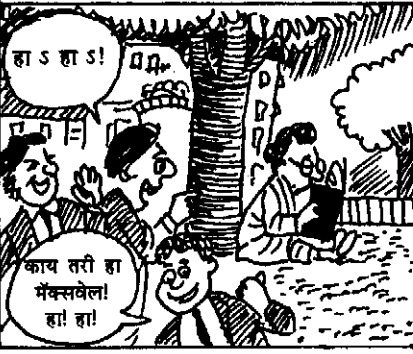
यंगने दाखवून दिले की, प्रकाशाचे इंटरफेरन्स व डिफ्रॅक्शन होते.



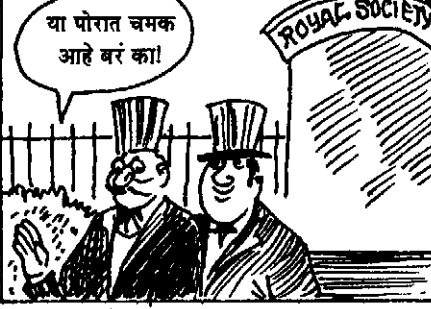


प्रकाशाच्या स्वरूपावर एका महान बुद्धिवंताने प्रकाश टाकला. तो होता जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल (१८३१-१८७९)

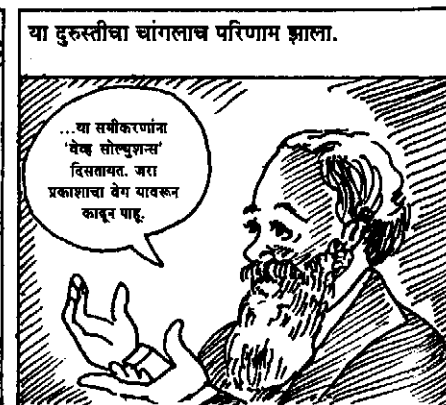
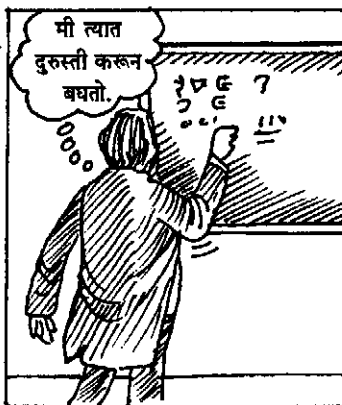
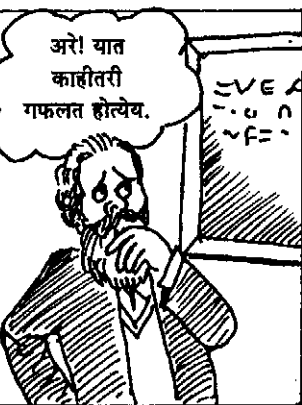
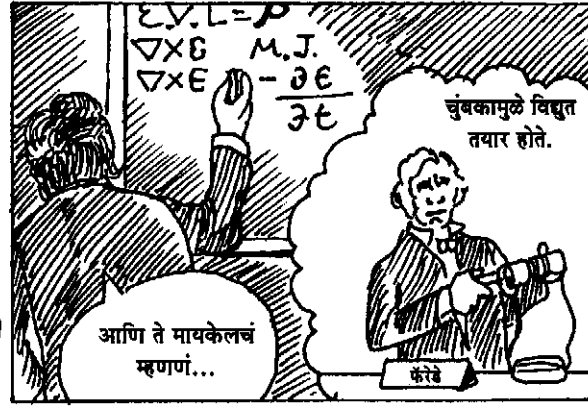
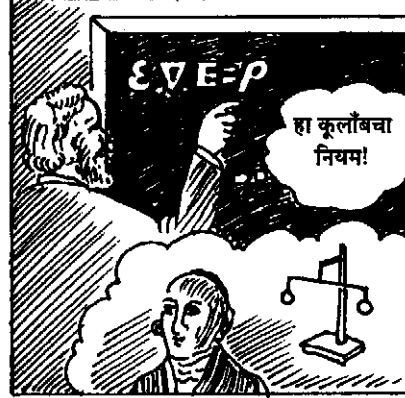
हा ही एक विलक्षण बुद्धिमत्तेचा मुलगा होता.



... ज्याचा पहिला शोधनिबंध एडिनबर्गच्या रॉयल सोसायटीमध्ये वयाच्या १५ व्या वर्षी वाचला गेला.

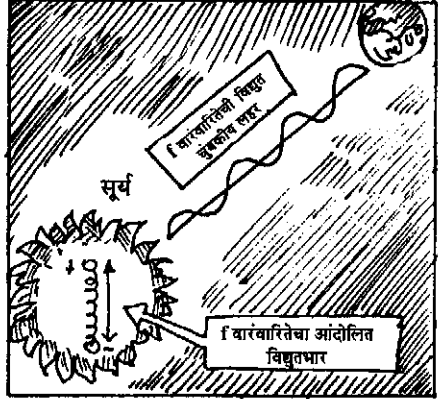


त्याच्या पुढील आयुष्यात त्याने विद्युत-चुंबकत्वाचा खूप अभ्यास केला.





मध्यंतरात या समीकरणांवरून असे दिसले की, आंदोलित होणारे विद्युतभारित कण विद्युत-चुंबकीय लहरी बाहेर सोडतात.



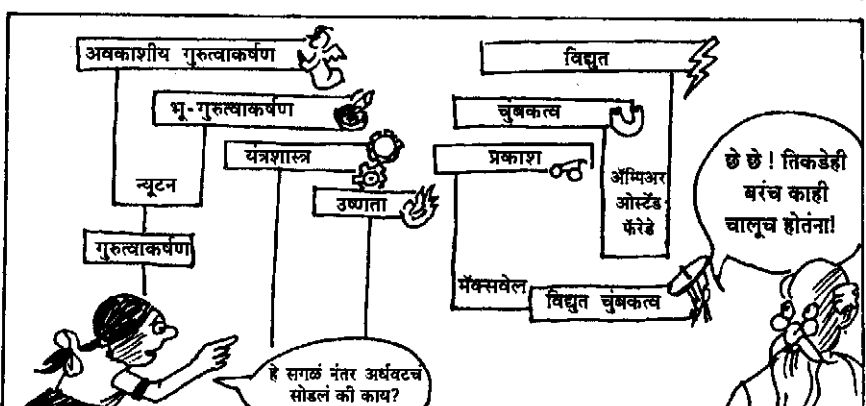
...म्हणजेच विद्युत चुंबकीय लहरींना कोणतीही तरंग लांबी असू शकते.

| | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| जाई अँब | अतिउच्च | अतिनील | दृश्य | रेड | रेडिओ |
| 10 ¹⁵ Hz | 10 ¹⁶ Hz | 10 ¹⁵ Hz | 10 ¹⁴ Hz | 10 ¹⁴ Hz | 10 ⁸ Hz |

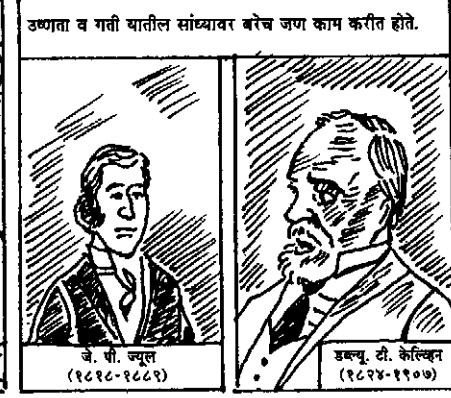
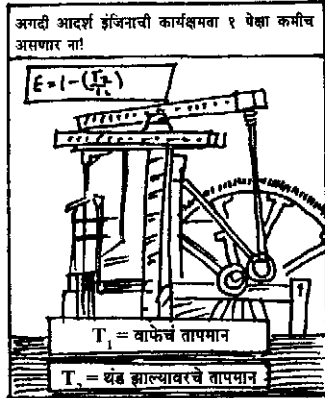
अतिरक्त व अतिनील किरण आधीच माहीत होते.



आणि लवकरच विद्युत चुंबकीय लहरी प्रयोगशाळेत बनल्या.



उष्णता व यंत्रशास्त्राचं एकीकरण करून थर्मोडायनॅमिक्स नावाचं नवं शास्त्र निर्माण करण्यात बरेच जण होते. आषाडीवर होता, सादी कारनो



केल्विनच्या प्रभावामुळे ज्यूलचे संशोधन हळूहळू मान्य होऊ लागले.

अरे, जरा समजूत घ्या! तो म्हणतोय त्याच तथ्य आहे.

जेव्हा एखादा घर्गळणारा चेंबू थांबतो, तेव्हा...

त्याची गतिज ऊर्जा उष्मतेत प्रवर्तित झालेली असते, म्हणून त्याच तापमान वाढते.

आता मात्र केल्विनला त्यानेच तयार केलेल्या 'अॅब्सोल्युट टेंपरेचर' स्केलचे महत्त्व काळले.

इथे सर्व गती थांबते वाटते!

उष्मता ही एक प्रकारची ऊर्जा आहे. यातून थर्मोडायनामिक्सच पहिला नियम निर्माण झाला, तसेच काही...

दुसऱ्या पक्ष

बॉयलर

अर्जी

एकूण ऊर्जा = उष्मता + यांत्रिक ऊर्जा = स्थिर

एच. एल. एच. हेल्महोल्ट्झ (१८२२-१८९४)

...नवे प्रश्न देखील!

हे बघ थॉमसन! हा चेंबू स्वतः घर्गळत जाऊन स्वतःचे तापमान कमी का करत नाही?

हॅ! हॅ! हा अव्यक्त प्रश्न आहे.

याचे उत्तर थर्मोडायनामिक्सच्या दुसऱ्या नियमाने दिले.

$S = \int dQ$

एखादी बंद रचना विचारातील एकंदर अव्यवस्था कमी करू शकत नाही.

क्लोसियस (१८२२-१८८८)

एन्ट्रॉपी

कसली अव्यवस्था?

हे बघ, मी जेव्हा हा दरवाजा उघडतो.

वायू

...तेव्हा वायू पेटीभर पसरतो.

पण स्वतःहून ती पहिल्यासारखा एका भागात कधीच जात.

वायू

पोकळी

नाही

काय? कधीच नाही?

कधीच नाही?

अगदी नक्की?

अगदी फारच कमी शक्यतेने!

दुसऱ्या नियमाच्या साहाय्याने बऱ्याच निरीक्षणांचे स्पष्टीकरण मिळते.

एखादा चेंबू आपणून घर्गळून आपले तापमान कमी करत नाही.

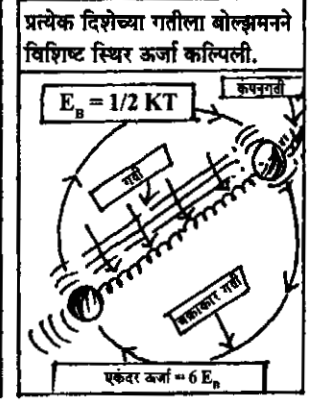
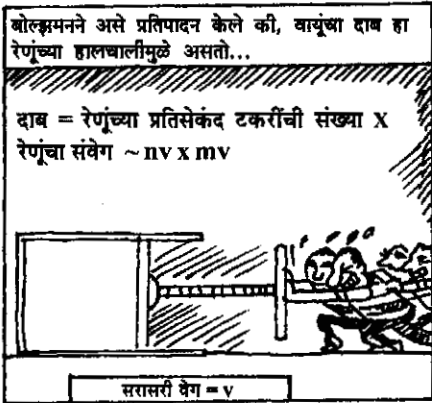
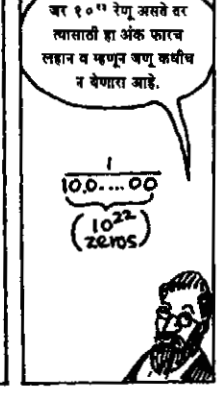
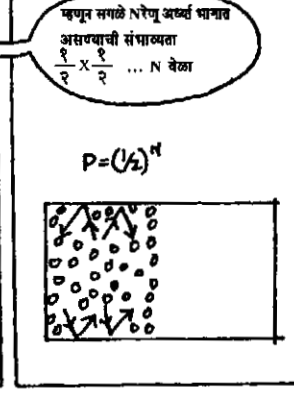
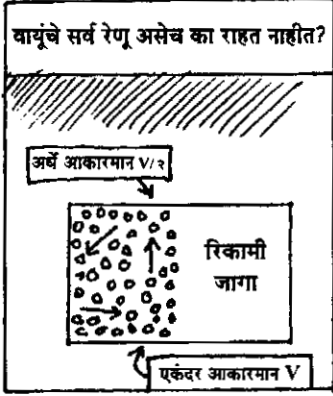
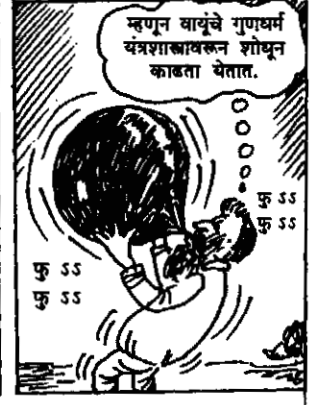
थंड पदार्थाकडून उष्ण पदार्थाकडे उष्मता वाहत नाही.

दूध व कॉफीचा अर्क एकदा मिसळला की आपला आपण पुन्हा वेगळा होत नाही.

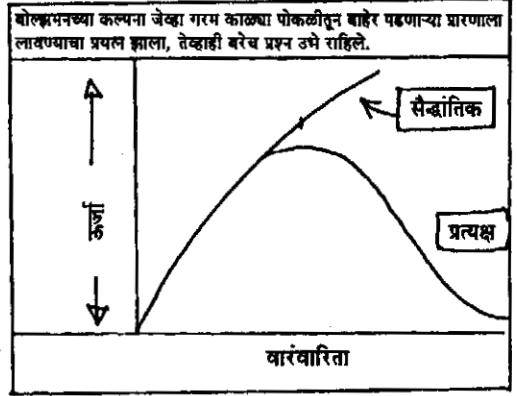
पण दुसऱ्या नियमाच्या स्पष्टीकरणासाठी मात्र वायूच्या कायनेटिक थिअरीची गरज पडते.

एच. वॉल्टमन (१८४४-१९०६)

उष्णता व
यंत्रशास्त्रातील
संपूर्ण संबंध
मॅक्सवेल व
बोल्झमन यांच्या
कामातून सिद्ध
झाला आणि...



... त्यामुळे
बऱ्याच
निरीक्षणांचे
स्पष्टीकरण
मिळाले; पण
सर्व नाही!



रॅलेने काळ्या पोकळीतील प्रारणांसाठी वेगवेगळ्या कंपनांची गणना केली.

बघू तरी, तरंगलांबी
 $2L, 2L/2, 2L/3, \dots$
 $2L/10, \dots, 2L/1000, \dots$
 छे! यांना तर अंतच नाही.

लॉर्ड रॅले
 (१८४२-१९१९)

आणि प्रत्येकाकडे KT एवढी ऊर्जा! म्हणजे त्या पोकळीत अनंत ऊर्जा आहे?

हा काय घोटाळा आहे?

तर्कपूर्ण सिद्धांतातून मूर्खता पूर्ण उत्तरे मिळण्याची बहुधा ही पहिलीच वेळ असावी.

बापूचा विशिष्ट उच्चार
 काळ्या पोकळीतील प्रारण

प्रकाशाची वर्तणूक लवकरच आणखी मोठी डोकेदुखी निर्माण करणार होती.

बघा हं, मी V वेगाने यांना फेकतो, स्वतः एका जागी उभा राहून...

ए. सार्वभोलकर
 (१८६२-१९३९)

ई. मोरली
 (१८३६-१९२३)

पण मी जर स्वतः u वेगाने पळत पळत हे केलं तर त्यांचा $v+u$ वेग व $(v-u)$

ए. एस. सांभाळून

CRASH!

आता कळलं? आई गो!

अरे जपून!

प्रकाश ईश्वरमधून कंपनाद्वारे प्रवास करतो, असा समज असेल...

सूर्य
 ईश्वर
 पृथ्वी

तर मग पृथ्वी ईश्वरमध्ये फिरताना, वेगवेगळ्या दिशांना जाणाऱ्या प्रकाशाचा वेग बदलेल.

$C-u$
 $C+v$
 पृथ्वीचा वेग v

एक अतिशय संवेदनशील यंत्र बनविण्यात आले...

पण त्याला काही हा फरक सापडला नाही, परिणाम... जैसे थे!

प्रकाशाच्या वेगाचा स्रोताच्या गतीशी संबंध नाहीये की काय?

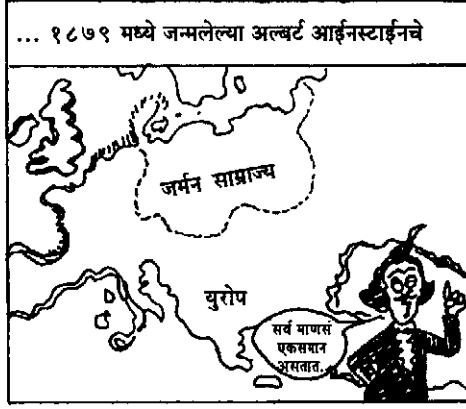
पण, असं कसं असेल?

हं, फिजिक्स कसं काय चालू आहे प्रोफेसर साहेब?

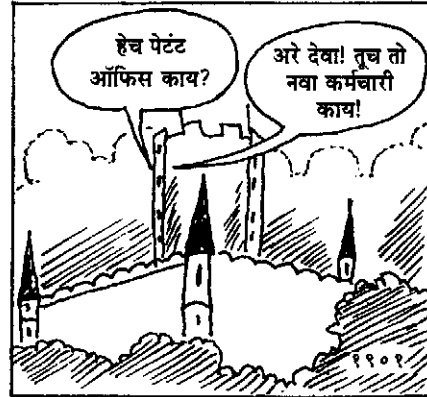
हा, अगदी उत्तम! फक्त ते विशिष्ट उच्चार व ईश्वर सोडून!

भौतिकशास्त्र या जागी होतं बघा, एकोणीसाव्या शतकाच्या शेवटी!

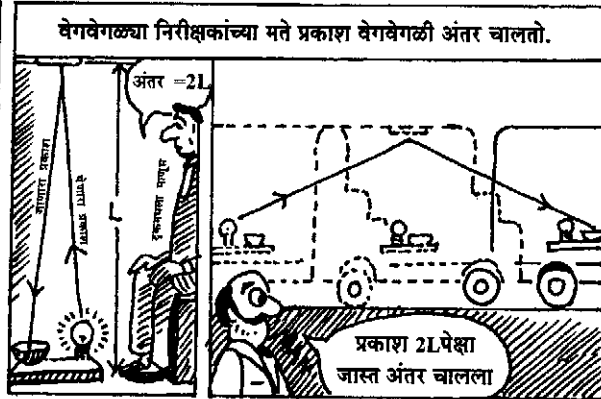
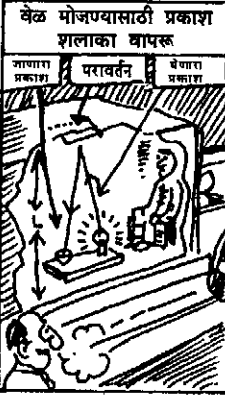
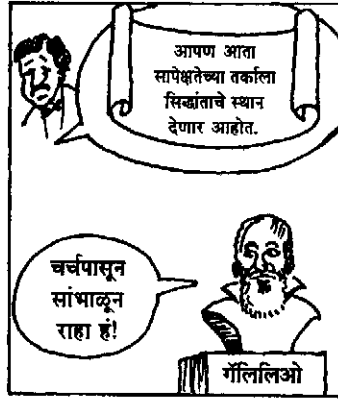
भौतिक विज्ञानातील काही समस्यांनी काही मूळ संकल्पनांमध्ये रिलेटिव्हिटी व क्वांटम थिअरीच्या मागाने बदल घडवून आणले. 'रिलेटिव्हिटी थिअरी' हे एक क्रांतिकारी काम...



झुरिचमध्ये पाच वर्षे काढल्यावर त्याला बर्नमध्ये मार्सेल ग्रॉसमन या मित्राच्या प्रभावाने नोकरी लागली.



अल्बर्टचा असा विश्वास होता की, भौतिक विज्ञानाचे नियम स्थिर स्थिती व सातत्यपूर्ण गतिमान स्थिती यामध्ये फरक करता नाहीत.



गणित केले तर कळेल...

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

t = रस्त्यावरील माणसाने मोजलेला वेळ
t' = द्रुकमधील माणसाने मोजलेला वेळ
v = द्रुकचा वेग
c = प्रकाशाचा वेग

शुद्ध काळ कशाशीही निगडित न होता, सारखाच वाहतो. ...न्यूटन



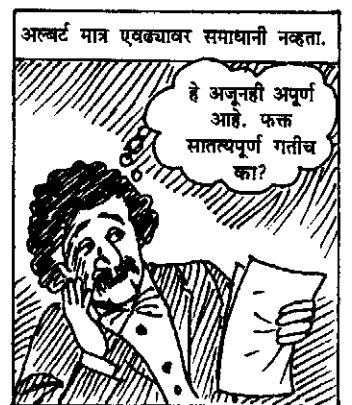
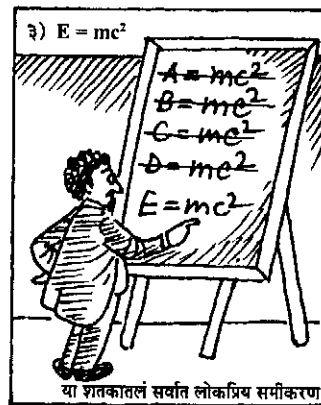
२) वेगाची बेरीज वेगळी होते...व...

$$u = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

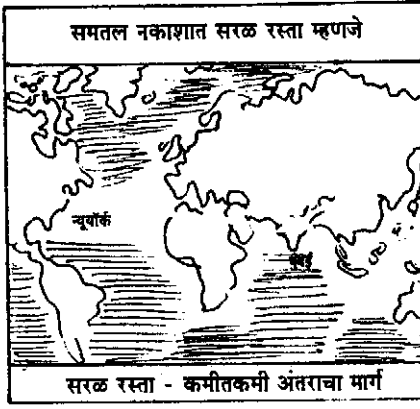
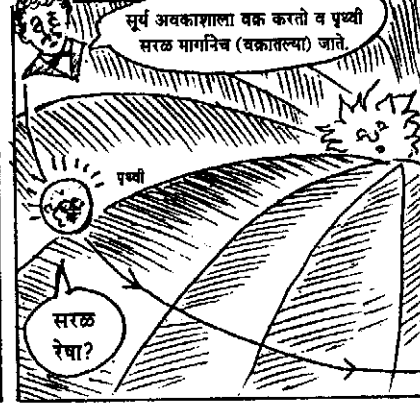
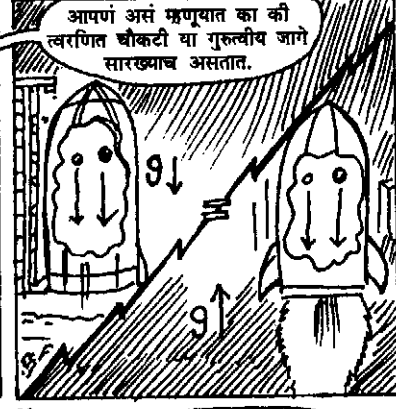
Newton: $u = v_1 + v_2$

$v_2 = c$

प्रकाश किती जोरात जातो पाहू दे बर!

$$u = \frac{c+c}{1+\frac{c \cdot c}{c^2}} = c$$


सातत्यपूर्ण
गतीवर संतुष्ट न
होता,
आईनस्टाईन ने
आणखी
व्यापक
स्वरूपात
आपला
आजपर्यंतचा
सर्वात सुंदर
सिद्धांत मांडला.



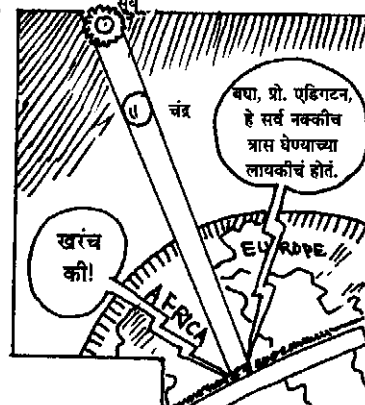
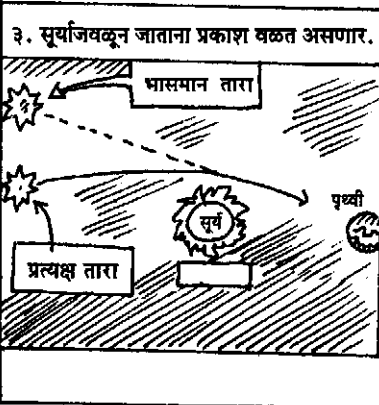
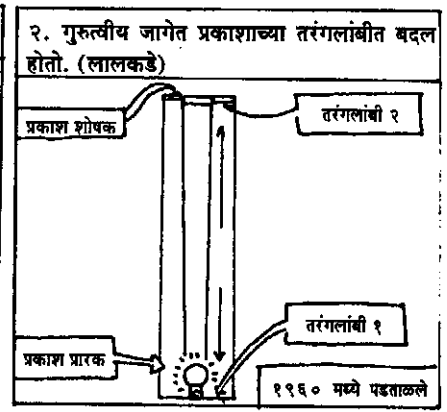
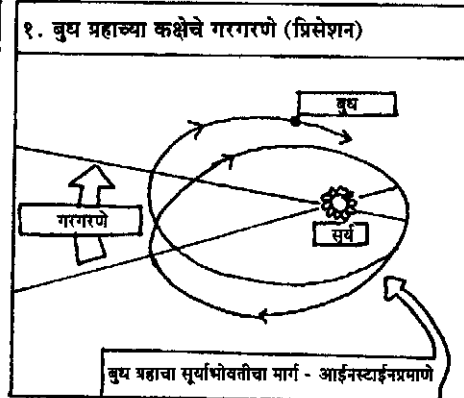
प्रत्यक्ष पृथ्वीगोलातच्या सरळ मार्गापेक्षा लांब असतो.

चक्रपृष्ठावरील भूमिती ही सपाट पृष्ठावरील भूमितीपेक्षा वेगळी असते.

सपाट पृष्ठभागावरील भूमिती

गोलावरील भूमिती

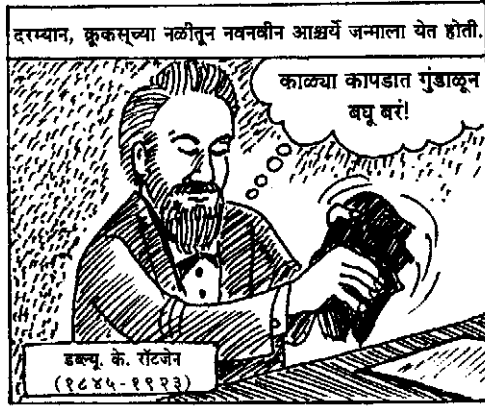
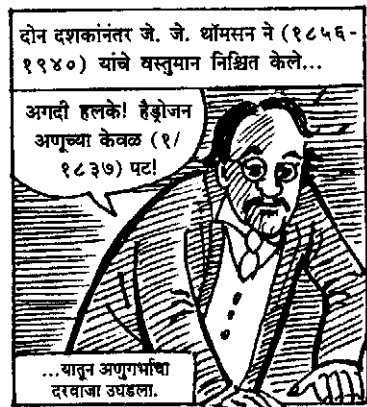
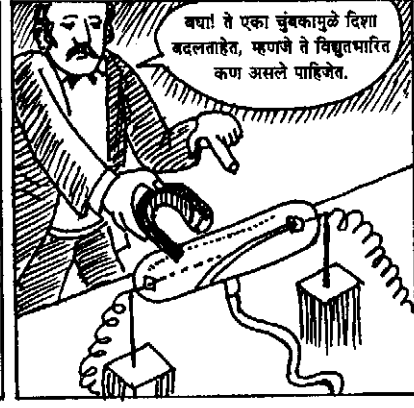
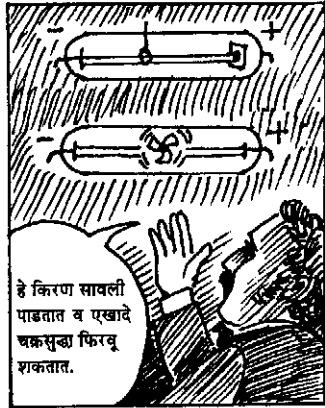
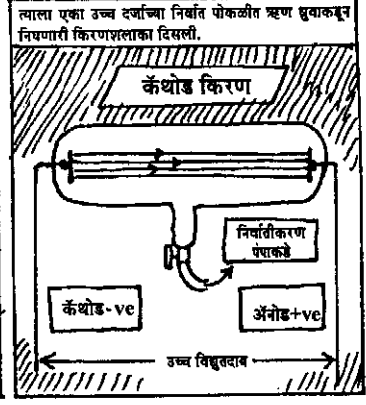
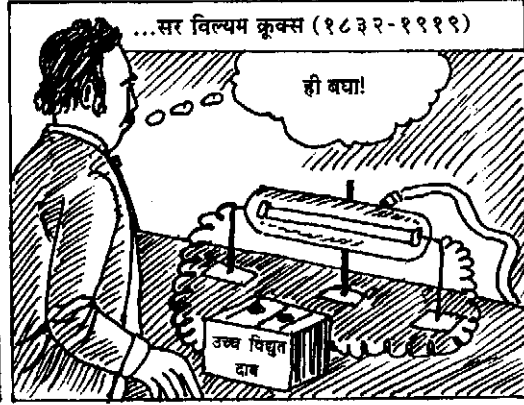
चक्र झालेल्या अवकाशकालाच्या योग्य भूमितीचा उपयोग करून आईनस्टाईनने त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या सिद्धांताचे अनेक परिणाम पडताळून पाहिले.



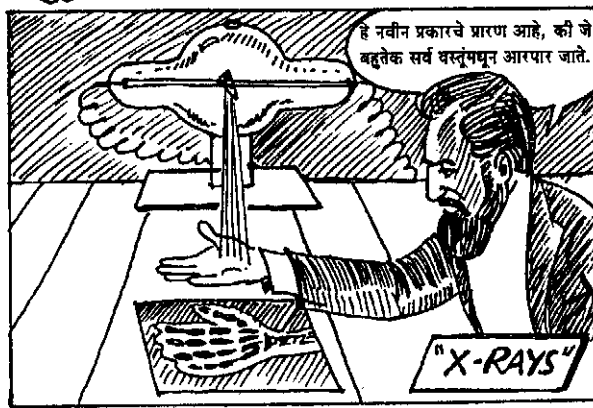
न्युटनंतर इतका लोकप्रिय इतका यशस्वी कोणीच झाला नव्हता!



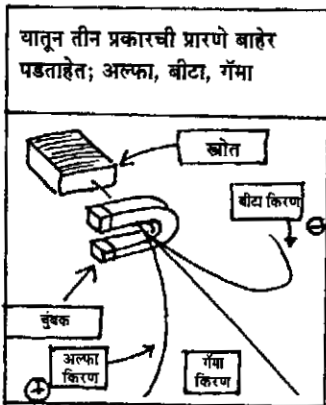
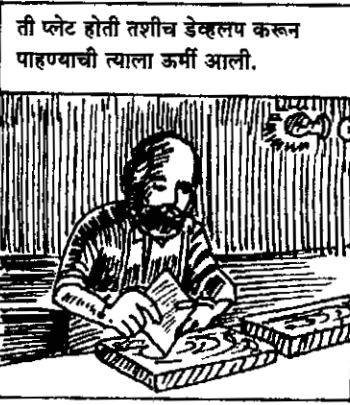
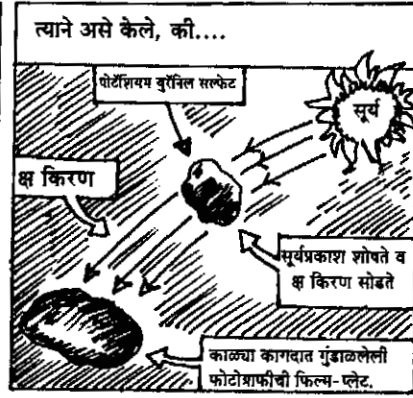
इकडे सापेक्षतावाद क्रांती करीत होता, तर तिकडे काही संशोधकांची फौज पदार्थाच्या रचनेचे रहस्य उलगडण्याचा प्रयत्न करीत होती. उदाहरणार्थ...



काळजीपूर्वक प्रयोगांती रॉटजेन योग्य उत्तरापाशी पोहोचला.



क्ष किरणांवर एका फ्रेंच वैज्ञानिकाने ए. एच. बेक्वेरेल ने (१८५२-१९०८) केले. क्ष किरण प्रारित करणाऱ्या प्रकाशमय पदार्थांवर तो काम करीत होता.



अनेक वर्षांच्या अथक परिश्रमानंतर त्यांनी 'रेडियम' नावाचा एक शक्तिशाली किरणोत्सारी पदार्थ वेगळा केला.



थॉमसनच्या अणुरचनेत धन आणि ऋण भार एकाच गोळ्यात एकत्रच ठेवलेले होते.

जशा कलिंगडात बिया असतात ना!

जे. जे. थॉमसन

ई. रुदरफोर्ड

एकसारखा धनभार

ऋणभार त्यात अडकलेला

थॉमसनचा अणू

हे तपासण्याचा काहीतरी मार्ग असलाच पाहिजे.

मी जर अणूला अल्फा कणांनी धडक दिली, तर

त्या अल्फा कणांचे विखुरणे मला अणुबद्दल माहिती देईल.

थॉमसनचा अणू अल्फा कणाला बिलकुल वळवणार नाही.

Pok!

रुदरफोर्डने वेगवेगळ्या धातूच्या वखनि (पत्रा) अल्फा कणाचे विखुरणे तपासले.

प्रयोगाची अद्भुत रचना

A = अल्फाकणाचा स्रोत

B = धातूचा पातळ पत्रा

S = चमकणारा पडदा

M = सूक्ष्मदर्शक

R = गोल फिरणारी पोकळी

C = भरपूर कॉफी!

आणि निष्कर्ष धक्कादायक होते.

अपेक्षित

प्रत्यक्ष

थोडेफार विखुरणे

संपूर्ण उलटणे

सोळा प्रमाणावर विखुरणे

नेमकी कोणती अणुरचना या प्रकारचे विखुरणे दाखवील? उत्तर :

आर. सी. फाक्स

मी हे गणिताने सुद्धा सांगू शकेन.

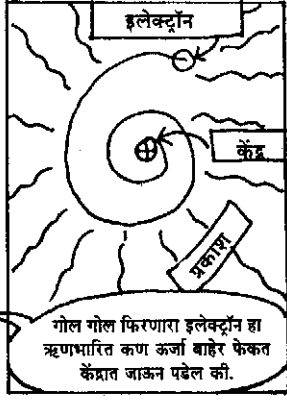
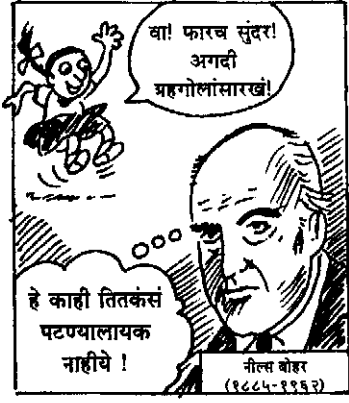
काय सांगतोस?

ठीकंय! सांग पाहू!

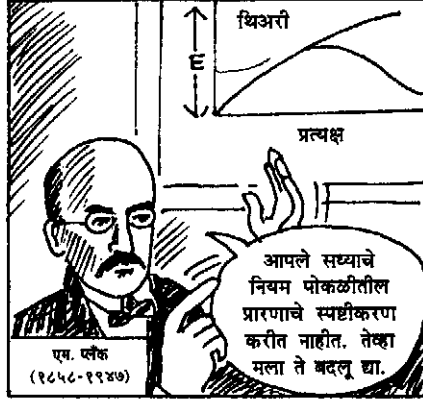
हे बघा!

(-) ऋणभार कक्षत

(+) धनभार मध्यभागी



नील्स बोहरने हे नियम का व कसे बदलले हे समजण्यासाठी आपल्याला थोडे मागे जावे लागेल. एकाने या नियमांमधला बदल अगोदरच सुरू केला होता.

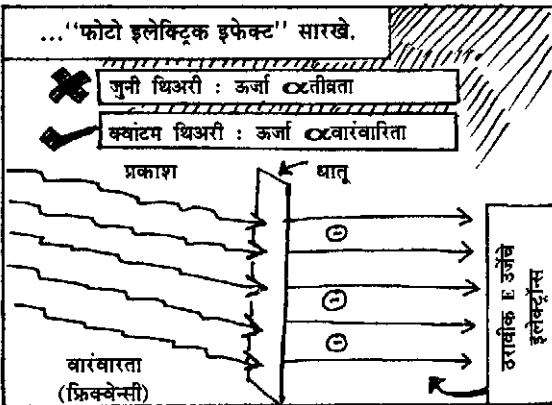
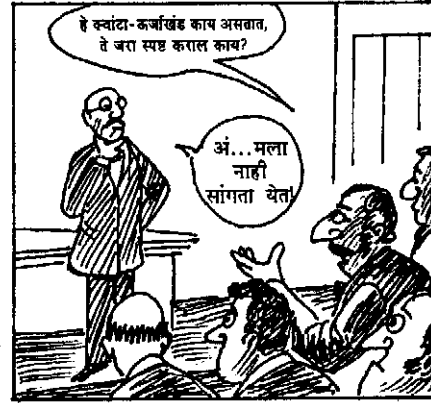


प्लँकने एक नवा स्थिरांक मानला.

एक क्वांटम ऊर्जा = $h \times f$

वारंवारता (फ्रिक्वेंन्सी)

$h = 6.6 \times 10^{-27}$ अर्ग सेकंद



आजपर्यंत महत्वाचे मानलेले बरेच सिद्धांत बोहरला सोडून धावे लागले... आपली कल्पना प्रत्यक्षात आणण्यासाठी!

इलेक्ट्रॉन वाट्टेल त्या अंतरावरून फिरू शकत नाहीत.

इलेक्ट्रॉन

केंद्र

धांब! त्या कक्षेत नाही. ती त्रिज्या तुला घेता येणार नाही.

जरी त्वरिणित असले तरी विवक्षित कक्षेत असताना ते प्रारण करू शकत नाहीत.

खाली उडी मार बरं!

अरे, मी त्या कक्षेसाठी फारच ऊर्जावान आहे.

जेव्हा एका कक्षेपून आतल्या कक्षेत इलेक्ट्रॉन्स उड्या मारतात, तेव्हाच प्रारण होते.

आता मला फक्त त्यांच्या विवक्षित कक्षा उरवायच्या आहेत.

युरेका! त्यांचा अँग्युलर मोमेंटम क्वांटायज्ड असणार.

हा कसला मोमेंटम असतो बाई!

$m =$ वस्तुमान
 $v =$ वेग
 $r =$ त्रिज्या

हं साध्या वर्तुळाकार कक्षेसाठी हा फक्त $m \times v \times r = J$ एवढा असतो.

बोहरला आता प्रत्येक मान्यताप्राप्त कक्षेला लेबल देता आले.

$mvr = n(\frac{h}{2\pi})$

जसे $n+1, 2, 3, 4$

... व कक्षांच्या ऊर्जापातळीचे प्रत्यक्ष गणित मांडता आले.

$E_n = \frac{-13.60V}{n^2}$

ऊर्जा व प्रकाशाची फ्रिक्वेन्सी एकमेकाला $e=hf$ या सूत्राने जोडली असल्यामुळे...

अगदी खरं!

बरोबर! आईनस्टाईन

प्लँक

... उडी मारणारा इलेक्ट्रॉन काय फ्रिक्वेन्सीचा प्रकाश सोडणार, ते मी सांगू शकतो.

खरंच का?

हो ना! थिअरी व प्रत्यक्ष अगदी तंतोतंत जुळतात बघ इथे.

पुढे गुंतागुंत वाढत गेली व स्पष्टीकरण अधिक चांगले देता येऊ लागले. सॉमर फेल्डने लंबवर्तुळाकार कक्षाही प्रतिपादित केल्या.

एकाच ऊर्जेसाठी वर्तुळाकार आणि लंबवर्तुळाकार कक्षा असू शकतात.

$n=1$ असेल तर एक वर्तुळाकार, $n=2$ तर एक वर्तुळाकार व तीन लंबवर्तुळाकार...

एच. सॉमरफेल्ड (१८६८-१९५१)

मग, मी काय सांगत होतो?

सूर्य

पृथ्वी

केप्लर

त्यानंतर आलं पॉलीचं वगळणुकीचं तत्व.

तुम्ही एका कक्षेत दोनपेक्षा जास्त इलेक्ट्रॉन्स ठेवू शकत नाही.

पण का?

डब्ल्यू. पॉली

कारण तिघांची गर्दी होते. शिवाय...

या नियमापुढे मी मूलब्रह्म सारणीचं (पिरिऑडिक टेबल) व्यवस्थित स्पष्टीकरण देऊ शकतो.

Periodic Table of the Elements

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| H | | | | | | | | | | | | | | | | | He | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Li | Be | | | | | | | | | | | B | C | N | O | F | Ne | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Na | Mg | | | | | | | | | | | Al | Si | P | S | Cl | Ar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | Xe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fr | Ra | Ac | Rf | Mo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Ce</td> <td>Pr</td> <td>Nd</td> <td>Pm</td> <td>Sm</td> <td>Eu</td> <td>Gd</td> <td>Tb</td> <td>Dy</td> <td>Ho</td> <td>Er</td> <td>Tm</td> <td>Yb</td> <td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Th</td> <td>Pa</td> <td>U</td> <td>Np</td> <td>Pu</td> <td>Am</td> <td>Cm</td> <td>Bk</td> <td>Cf</td> <td>Es</td> <td>Fm</td> <td>Md</td> <td>No</td> <td>Lr</td> </tr> </table> | | | | | | | | | | | | | | | | | | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr |
| Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

पॉली खरंच हे करू शकला!

पण हे सर्व फारच अनमान्यपण्याचं झालं!

या कक्षा नेमक्या काय असतात हो?

होय, पण तरी त्याने काम होतंय ना?

ह्याची जास्त निश्चित उत्तर मिळायला आणखी काळ जावा लागला.

लहर व कण इतके वेगवेगळे आहेत का?

एल. डीब्रॉग्ली

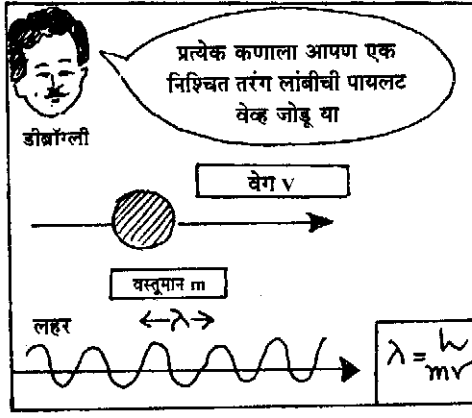
विद्युत चुंबकीय लहरींना कणांचे गुणधर्म असतात.

...तर कणांना लहरींचे गुणधर्म का नसतील?

जर इलेक्ट्रॉनला पायलट लहर जोडली तर बोहरचं म्हणणं स्पष्ट होतं.

पायलटची लहर?

एका धाडसी फटक्यात डीब्रॉग्लीने लहर व कण यातलं अंतर संपवलं



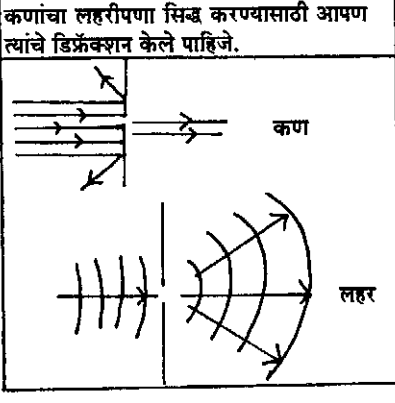
पण लुईस, हा मुख्यपणा आहे. आपल्याला या लहरी दिसत का नाहीत?

हं. कारण त्यांची तरंग लांबी फार कमी असते.

ह्या पुस्तकाच्या पायलट वेव्हची तरंगलांबी फक्त 10^{-31} सेंमी आहे बघ्या.

छे बुवा! हे कधीच तपासता येणार नाही, असं होतंय

ते बघू आपण !



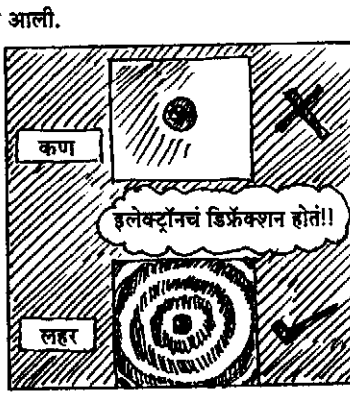
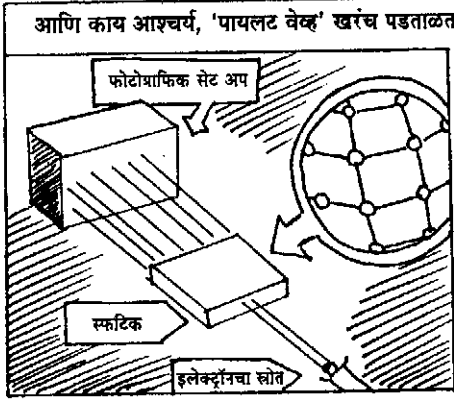
भला वाटतं आपण हे करू शकतो.

सौ. व. डीब्रॉग्ली (१८८९-१९५८)

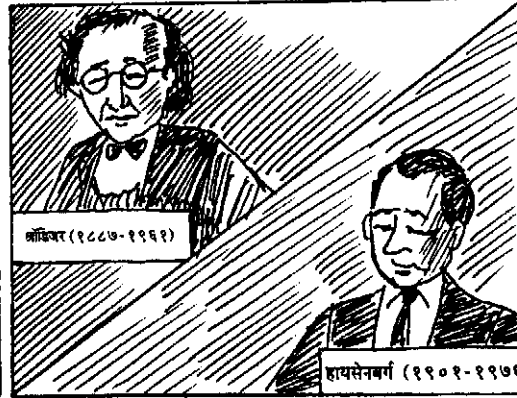
कशांन?

का? इलेक्ट्रॉन व स्फटिकमय पदार्थ घेऊ ना.

एल. एच. जर्मर



'पायलट वेव्ह' च्या कामचलाक कल्पनेचं, संपूर्ण कार्यक्षम अशा 'लहर यांत्रिकी', विज्ञानात रूपांतर करणं हे फारचं क्लिष्ट काम होतं. त्याचे मुख्य सूत्रधार होते...



श्रोडिंजरने 'पायलट वेव्ह' साठी गणिती समीकरणे मांडली.

आता इलेक्ट्रॉन जवळचा वाटायला लागला!

त्यामुळे अणुच्या वर्णपटाचा अभ्यास शक्य होऊ लागला.

आता काय? थर्डक्लास लोक सुद्धा उत्तम काम करू शकतील!

पण खरा त्रासदायक प्रश्न तसाच राहिला.

आर्नस्ट रॉडरफोर्ड
अल्बर्ट आइंस्टाइन
ही पायलट वेव्ह काय आहे?
हायड्रोजन
बोहर

हे छे! ती त्याच्या सापडण्याच्या शक्यतेची घनता दाखवते.

ही विद्युतभाराची घनता दर्शवते का?

काय काय? शक्यतेची घनता?

जेव्हा तू फासा टाकतेस तेव्हा तुला माहीत नाहीय की काय दाम पडेल!

पण २ पडण्याची शक्यता १/६ आहे, नाही का?

तसेच अणुमध्ये इलेक्ट्रॉन नेमका कुठे आहे. हे आपल्याला माहीत नाही. तो कुठे असण्याची शक्यता आहे. एवढेच आपण सांगू शकतो.

एखाद्या ठिकाणी इलेक्ट्रॉन सापडण्याची शक्यता

शक्यता

अंतर

अगदी फाशासारखंच बघा!

पण श्री. बोहर, देव फासे खेळत नाही!

ओहो! आता तुम्ही सांगा, देवान काय करावं ते!

क्वांटम थिअरीच्या संकल्पना फार विलक्षण आहेत. व हळूहळू त्यांच्या नियमांचे कामचलाऊ संच तयार झाले आहेत. त्यातीलच एक मध्यवर्ती संकल्पना 'अनिश्चिततेचे तत्त्व' (अन्सर्टेनिटी प्रिन्सिपल)

जर तुम्हाला कळेल, एखादा इलेक्ट्रॉन कुठे आहे, तर तुम्हाला तो कुठे घाललाय हे कळू शकत नाही.

Bus STOP

म्हणजे आपल्या पब्लिक ट्रान्सपोर्ट बस सारखं!

पण तरी एक प्रश्न राहिलाच!

हे सर्व स्पेशल रिलेटिव्हिटीशी काही जुळत नाही.

ते नाही तरी संगळ चुकच आहे!

पी. ए. एम. विरॉने सर्भीकरणांमध्ये बदल केले की जेणेकरून आता ती सापेक्षतेच्या सिद्धांतात बसू लागली.

हे सर्व ठीक दिसतंय, पण...

पी. ए. एम. विरॉने (१९०१-१९८४)

त्यांना खूप जास्त ऋण ऊर्जा स्थिती आहेत.

E_1

mc^2

ZERO ENERGY

$-mc^2$

$-E_1$

हे मात्र फारच झालं हं!

mc^2

0

mc^2

तो कण ऋण ऊर्जेच्या समुद्रात सतत बुडतच राहील.

डिस्ककडे एक चातुर्याचा मार्ग होता.

समजा सर्व ऋण ऊर्जेच्या जागा आधीच भरलेल्या असल्या, तर?

ए. तू आता आणखी खाली येऊ शकत नाहीस. हाकस फुल्ल्या बोर्ड वाच

ठीक आहे. मग मी खरती जातो.

ऋण ऊर्जेच्या इलेक्ट्रॉन्सचा समुद्र

हं, थाला फारच जास्त ऊर्जा लागते; पण जणू शकत...

खरं वाटलं तुला भेटून!

ही रिकामी जागा ऋणजे जणू एखादा धन विद्युतभारित इलेक्ट्रॉनच वाटेल किंवा प्रतिइलेक्ट्रॉन

भौतिक वैज्ञानिकांना हे काही फारसं पटलं नाही...

डिस्कची छिद्र! हाऽ हाऽ हाऽ! त्यात काही दम नाही

डब्ल्यु. पॉली

...पण प्रत्यक्ष निसर्गच मदतीला धावला.

पी. एम. ब्लॅकेट

मी प्रयोगशाळेमध्ये प्रतिइलेक्ट्रॉन्स पाहिले!

मी पणा! मी पणा!

जी. डी. अँडरसन

आता हे सर्व मान्य आहे की, प्रत्येक कणाला त्याचा प्रतिकण आहे.

हं, ते मी सांगतोच आहे.

एऽऽ! हे काय आता?

इलेक्ट्रॉन / प्रतिइलेक्ट्रॉन
प्रोटॉन / प्रतिप्रोटॉन
न्यूट्रॉन

तरी अणुकेंद्रात अजून गडबड घोटाळा होताच.

हेलियमच्या केंद्रात प्रोटॉनच्या दुप्पट विद्युतभार आहे; पण वजन चौपट

बोहर त्यात चार प्रोटॉन व दोन इलेक्ट्रॉन्स कोणा!

रूदरफोर्ड

खरं ऋणजे आपल्याकडे एक प्रोटॉन व एक इलेक्ट्रॉनचं शुद्ध निरुद्ध अणुकेंद्र पाहिजे होतं.

पण इलेक्ट्रॉन कक्षेत न फिरताच?

अल्फा कण

बेरिलियम

न्युट्रल प्रारण

मला वाटतं, मला न्यूट्रॉन सापडला

जे. चॅडविक

नायट्रोजनच्या वर्णपटातून न्यूट्रॉनच्या अस्तित्वाची दवंडी पिटली गेली.

बघा, ह्या वर्णपटावरून नायट्रोजनच्या अणुकेंद्रात कण सम संख्येत असणं आवश्यक आहे.

डब्ल्यु. हायटलर

जी. हर्झबर्ग

हे केंद्रातले न्यूट्रॉन्स मदत करतील.

नायट्रोजन अणुभार १४ अणुक्रमांक ७

नायट्रोजन केंद्र

१४ प्रोटॉन्स

७ इलेक्ट्रॉन्स

२१ विषम कण

७ प्रोटॉन

७ न्यूट्रॉन

१४ सम कण

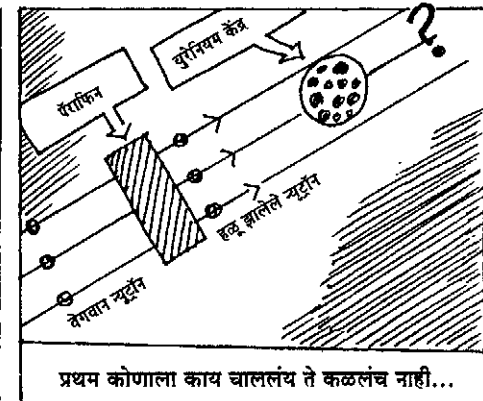
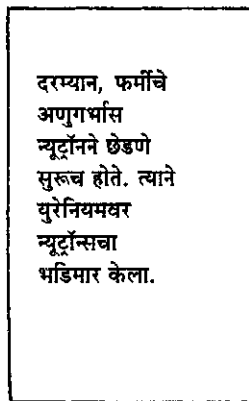
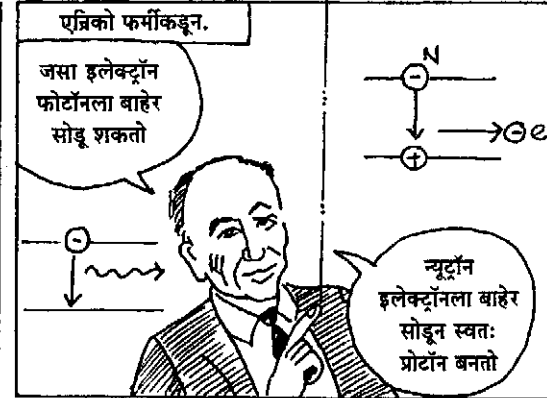
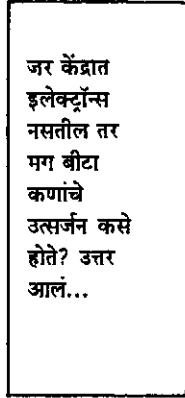
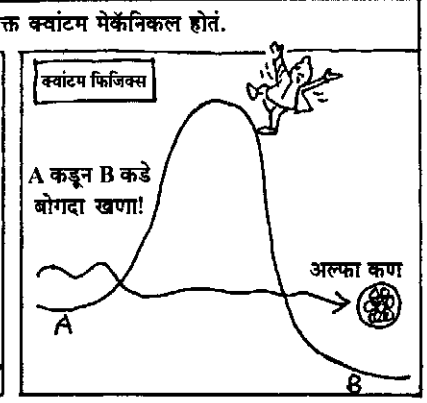
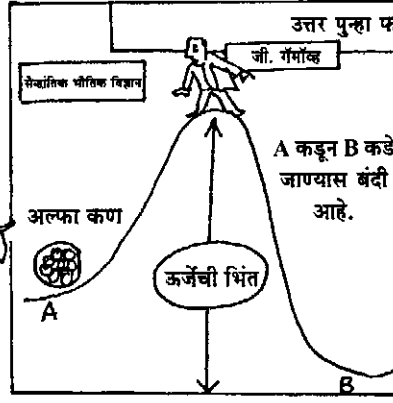
याने सगळंच काही स्पष्ट होत नाही; पण...

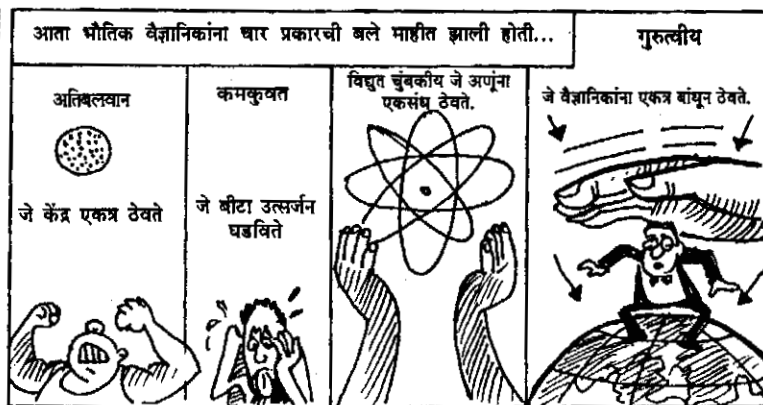
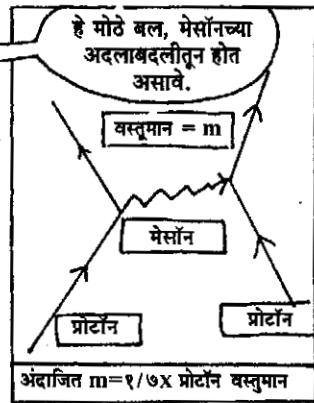
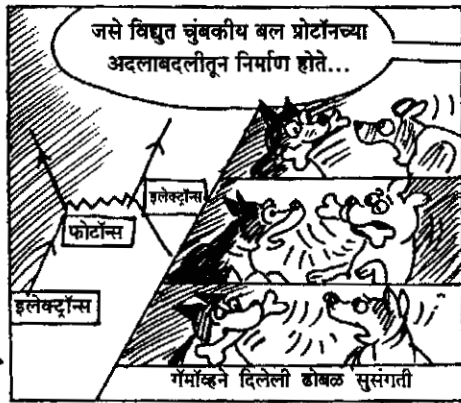
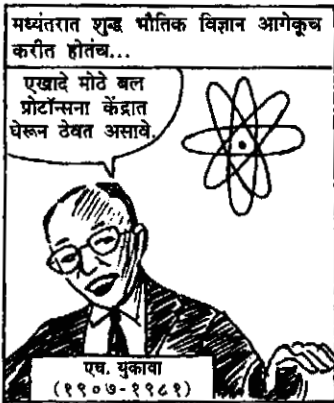
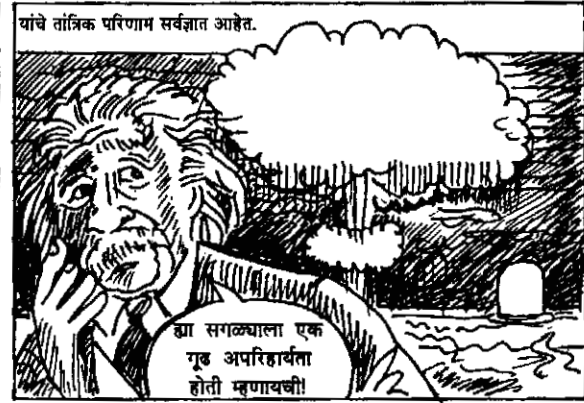
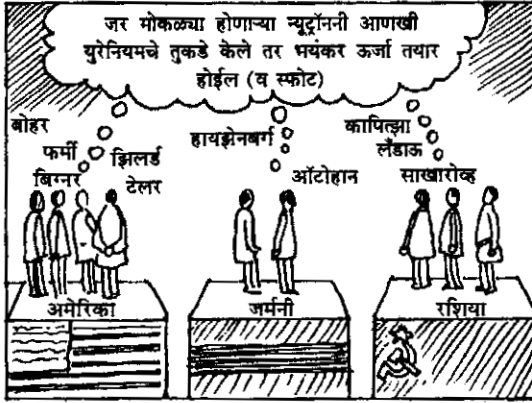
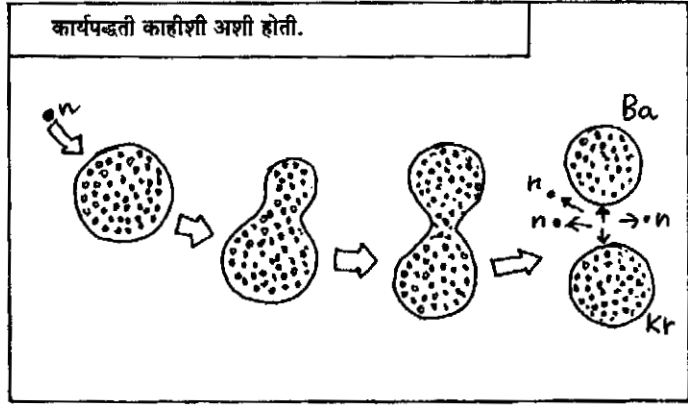
केंद्र

जर संपूर्ण केंद्र धन विद्युतभारित असेल, तर त्याला एकत्र कोण ठेवतं?

प्रोटॉन + न्यूट्रॉन

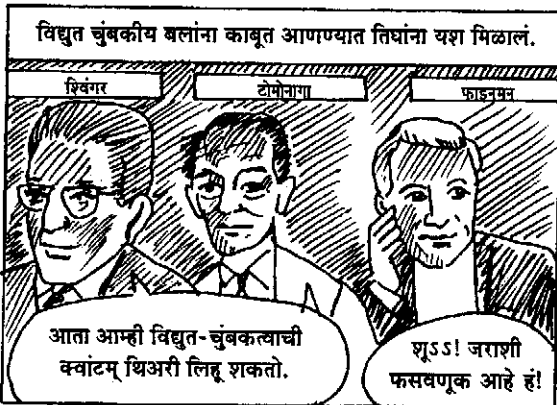
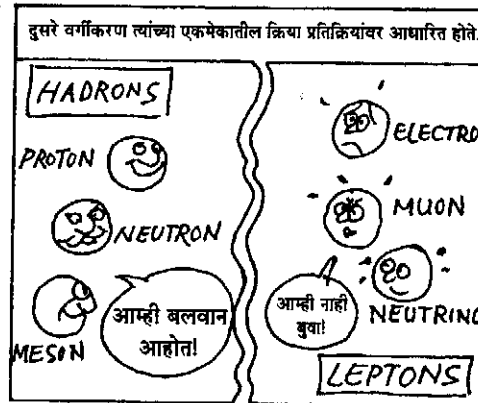
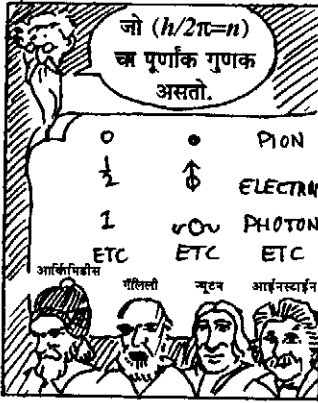
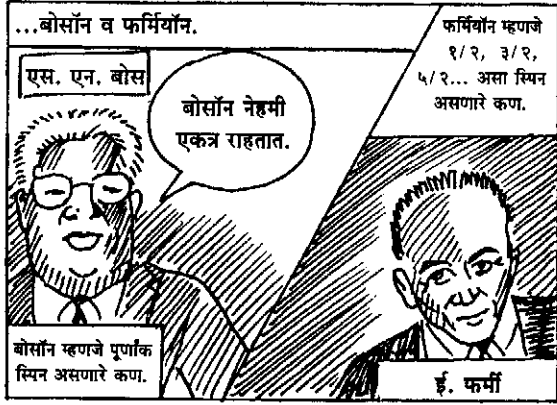
एखादा माहीत नसलेला बलवान असावा!



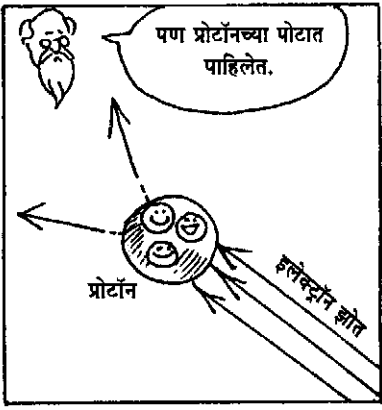
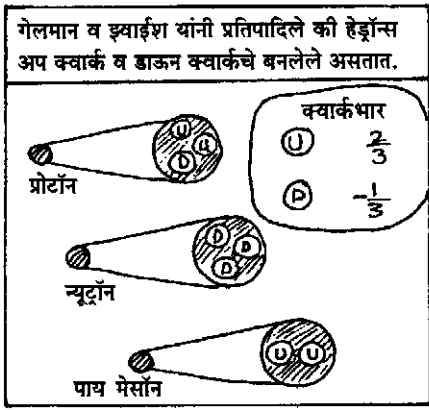
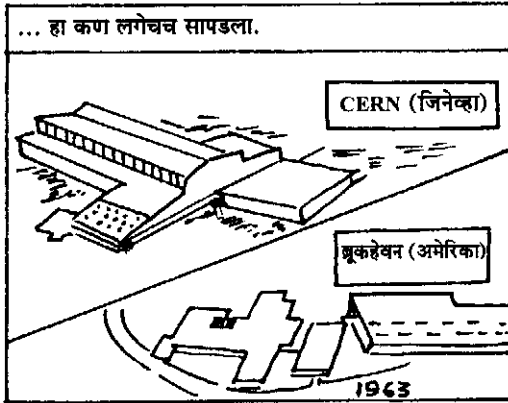
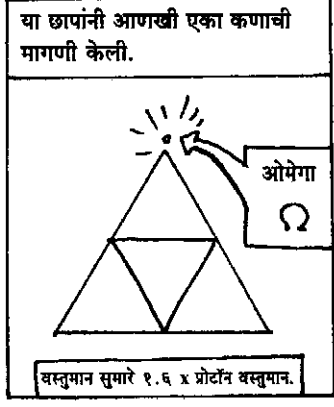




या सल्ल्याचा, सावळा गोंधळ कमी करण्यात फारच उपयोग झाला. प्रथम वर्गीकरण :

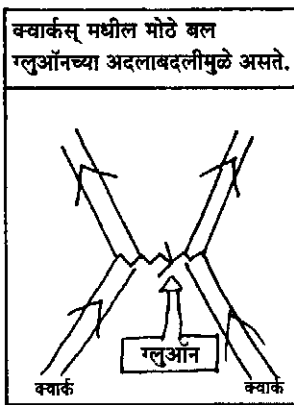


हेडॉन्सची सुसूत्र मांडणी करण्याचं पहिलं श्रेय एम. गेलमान आणि वाय. नीमान यांना जातं.



शेवटी प्रश्न सुटत सुटत क्वार्क व लेप्टॉन यांच्या अभ्यासापुरता मर्यादित झाला. पण लवकरच कळले की, आणखी तसले कण आहेत.

| क्वार्कस् | लेप्टॉन्स |
|------------|--------------|
| १ अप | १ इलेक्ट्रॉन |
| २ डाऊन | २ म्युऑन |
| ३ स्ट्रॅंज | ३ टाऊ-ऑन |
| ४ चार्म | |



अनेक वर्षांच्या अथक परिश्रमानंतर एक यश मिळालं.



ए. सलाम

एस. वाइनबर्ग

इलेक्ट्रिक आणि वीक फोर्सेस एकत्र करून "इलेक्ट्रो वीक" फोर्सेस होतात.

या इलेक्ट्रो वीक रचनेमुळे नवे कण प्रतिपादिले गेले... व लगेच सापडलेही गेले.



तुम्हाला असे वाटत नाही का, की त्यांनी पुरेसे श्रम घेतलेत !

पृथ्वी



हं, आता आपण त्यांना डब्ल्यू व झेड बोसॉन देऊया

ही मात्र या भौतिक विज्ञानाच्या कथेतील शेवटची संकल्पना बरं का ! आणखी बरेच प्रयत्न झालेत आपली समज सुधारण्याचे...



स्टीग फोर्सेस पण याच पद्धतीने हाताळता येतील, जर...

जर काय ?

जर तुमच्यात हिम्मत असेल तर !

उतावळ्या भौतिक वैज्ञानिकांनी एक भाकीत केले.

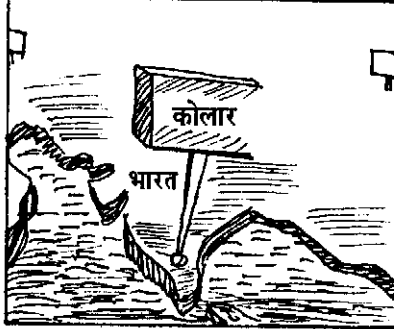


प्रोटॉन अस्थिर असतात.

म्हणजे काय ? बाबा नाहीयेत ?

ते पण युक्लिडॉन्सचेच बनलेत ना !

जगभरातल्या प्रयोगांना हे भाकीत अजून सिद्ध करता आलेले नाही.



एक डोकेदुखी मात्र कायम आहे.



गुरुत्वाकर्षणच काय ?

असं वाटतं ना, ते नसतं तर बरं झालं असतं !

'गुरुत्वाकर्षणावर काबू' ह्या गोष्टीत अजून बरेच चढतार आहेत.



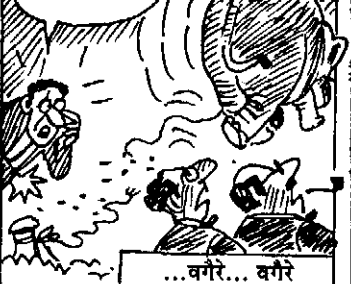
सुपर सिमेट्रीने गुरुत्वाकर्षण नीट समजून घेता येते

आजकालची फॅशन म्हणजे 'सुपरस्ट्रिंग्ज' चा अवतार

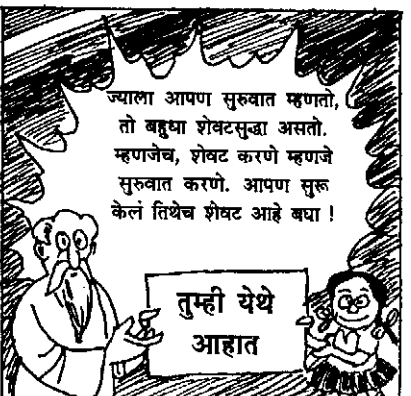


गुरुत्वाकर्षण हे दोऱ्यांनी बांधलेलं असतं.

पण कदाचित फक्त दहाच परिघाणात !



... वगैरे... वगैरे



ज्याला आपण सुरुवात म्हणतो, तो बहुधा शेवटसुद्धा असतो. म्हणजेच, शेवट करणे म्हणजे सुरुवात करणे. आपण सुरु केलं तिथेच शेवट आहे बघा !

तुम्ही येथे आहात

